

EVALUACIÓN DEL MEDIO MARINO DM ESTRECHO Y ALBORÁN



Tercer ciclo de estrategias marinas

DESCRIPTOR 8

Contaminación y sus efectos



Cofinanciado por
la Unión Europea



VICEPRESIDENCIA
TERCERA DEL GOBIERNO
MINISTERIO
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA
Y EL RETO DEMOGRÁFICO



Fondos Europeos

ESTRATEGIAS
MARINAS
Protegiendo el mar para todos



MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA Y EL RETO DEMOGRÁFICO



**datos
abiertos**

Aviso legal: Los contenidos de esta publicación podrán ser reutilizados citando la fuente, y la fecha, en su caso, de la última actualización.

Edita: © Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO). Madrid 2025.

NIPO: 665-25-050-2

Catálogo de Publicaciones de la Administración General del Estado: <https://cpage.mpr.gob.es>

MITECO: www.miteco.es



Autores del documento

INSTITUTO ESPAÑOL DE OCEANOGRAFÍA (IEO-CSIC)

- Juan Antonio Campillo González
- Cristina López Galindo
- Rubén Moreno González
- Concepción Martínez-Gómez
- Víctor M. León
- Juan Santos Echeandía
- Juan Bellas Bereijo
- Nadia Juliana Valdés García
- Inés María Encarnación García Aguera
- Patricia Bernárdez Rodríguez
- Beatriz Fernández Galindo
- Eva Pérez Cánovas
- Juan Perán Acosta
- Alba Gómez Rubio
- José María Aparicio Ballester
- Carla Carpena Catoira
- Miguel Ángel Gallego Domínguez

CENTRO DE ESTUDIOS Y EXPERIMENTACIÓN DE OBRAS PÚBLICAS. CENTRO DE ESTUDIOS DE PUERTOS Y COSTAS (CEDEX-CEPYC)

- Isabel María Moreno Aranda
- Miguel Gómez-Leal Martín (asistencia Tragsatec)

COORDINACIÓN GENERAL MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA Y EL RETO DEMOGRÁFICO (SUBDIRECCIÓN GENERAL PARA LA PROTECCIÓN DEL MAR)

- Itziar Martín Partida
- Marta Martínez-Gil Pardo de Vera
- Lucía Martínez García-Denche
- Francisco Martínez Bedia
- Carmen Francoy Olagüe

COORDINACIÓN INSTITUTO ESPAÑOL DE OCEANOGRAFÍA (IEO-CSIC)

- Jose Antonio Campillo González
- Juan Bellas Bereijo
- Alberto Serrano López (Coordinación)
- Paula Valcarce Arenas (Coordinación)
- Mercedes Rodríguez Sánchez (Coordinación)
- Paloma Carrillo de Albornoz (Coordinación)

COORDINACIÓN CENTRO DE ESTUDIOS Y EXPERIMENTACIÓN DE OBRAS PÚBLICAS. CENTRO DE ESTUDIOS DE PUERTOS Y COSTAS (CEDEX-CEPYC)

- José Francisco Sánchez González

CARTOGRAFÍA Y BASES DE DATOS ESPACIALES (IEO-CSIC)

- M^o Olvido Tello Antón
- Luis Miguel Agudo Bravo
- Gerardo Bruque Carmona
- Paula Gil Cuenca



ÍNDICE

Autores del documento.....	3
1. Introducción.....	6
2. Definición de buen estado ambiental (BEA).....	8
3. Características, elementos y criterios evaluados en el descriptor 8	10
4. Evaluación general a nivel de demarcación marina de criterio y característica.....	15
4.1. D8C1-Concentración de contaminantes	15
4.1.1. D8C1-Concentración de contaminantes sustancias uPBT en MWE-ES-SD-ESAL-PC.....	15
4.1.2. D8C1-Concentración de contaminantes sustancias no uPBT en MWE-ES-SD-ESAL-PC.....	17
4.2. D8C2-Especies y hábitats expuestos a los riesgos derivados de los contaminantes en MWE - ES - SD - ESAL - PC.....	22
4.3. D8C3-Eventos significativos de contaminación aguda.....	23
4.4. D8C4-Efectos de los eventos agudos de contaminación	24
5. Evaluación por elemento y criterio a nivel de demarcación marina	26
5.1. Evaluación por elemento y criterio a nivel de demarcación marina, D8C1	26
5.1.1. Evaluación por elemento y criterio a nivel de demarcación marina, D8C1, sustancias UPBT.....	26
5.1.2. Evaluación por elemento y criterio a nivel de demarcación marina: D8C1. Sustancias no uPBT.....	53
5.1.3. Evaluación a nivel (sub)regional: D8C1.....	84
5.2. Evaluación por elemento y criterio a nivel de demarcación marina: D8C2. Efectos de contaminantes sobre sobre hábitats y especies.....	86
5.2.1. Evaluación por elemento y criterio a nivel de demarcación marina, D8C2. Biomarcadores	87
5.2.2. Evaluación a nivel regional/subregional: D8C2	109
5.3. Evaluación por elemento y criterio a nivel de demarcación marina: D8C3. Eventos agudos de contaminación.....	110
5.4. Evaluación por elemento y criterio a nivel de demarcación marina: D8C4. Efectos sobre hábitats y especies de eventos agudos de contaminación.....	113
6. Referencias	115



INTRODUCCIÓN



1. Introducción

El descriptor 8 está referido a la evaluación de las concentraciones de contaminantes químicos en el medio marino, determinando si éstas se encuentran en niveles tales que no llegan a producir efectos biológicos significativos. Para llevar a cabo esta valoración, se evalúan las concentraciones de contaminantes químicos en el medio marino para proporcionar datos que permitan evaluar el estado ambiental de la demarcación en comparación con el buen estado ambiental. Así mismo, se pretende obtener la información necesaria para evaluar los principales impactos y presiones en relación con la contaminación por sustancias peligrosas, incluyendo compuestos sintéticos y no sintéticos.

La evaluación del descriptor 8 se apoya en un criterio ambiental primario (D8C1) y otro criterio secundario (D8C2) íntimamente relacionados. El primero evalúa la concentración de contaminantes químicos en diferentes matrices ambientales, de acuerdo con determinados criterios de toxicidad ambiental, y el segundo sus efectos biológicos en especies seleccionadas como indicadores. Asimismo, se evalúa el criterio D8C3 para el que se analizan los eventos significativos de contaminación aguda. Si bien no existe una definición de qué se entiende por significativo, se consideran aquellos eventos que producen manchas de vertidos con una extensión superior a 1 km² y cuyo origen está relacionado con un buque o una instalación en tierra y el producto vertido es aceite vegetal o hidrocarburos. Este criterio desencadena la evaluación del criterio secundario D8C4, que trata de determinar los efectos que estos eventos tienen sobre la salud y condición de hábitats y especies.

Se han establecido dos áreas marinas de evaluación (Marine Reporting Units, MRU) diferenciadas por sus características y proximidad a las fuentes de contaminantes terrestres: una zona próxima a costa (MWE-ES-SD-ESAL-PC), cuyo límite se extiende hasta una profundidad de 350 metros, y una segunda área de aguas abiertas (MWE-ES-SD-ESAL-AA) que incluiría el resto de la demarcación, desde la isobata de 350 metros de profundidad hasta el límite exterior de esta demarcación, abarcando su ámbito espacial las aguas territoriales y la ZEE. La primera de estas áreas está más cercana a las fuentes de contaminación de origen terrestre y, por tanto, sufre un mayor impacto y presión por este tipo de contaminación.

El alto grado de urbanización en la costa, con núcleos urbanos densamente poblados, una cifra anual media de turistas entorno a los 25 millones por año, actividades agrícolas, portuarias y transporte marítimo-terrestre, son las principales presiones que contribuyen a la contaminación marina en esta región. La entrada de contaminantes asociados a estas actividades se produce a través de diversas vías desde la atmósfera o desde la tierra, ya sea por ríos, vertidos directos, vertidos accidentales o fuentes difusas, así como desde regiones marinas adyacentes.

En general, la llegada de estos contaminantes en forma de sustancias sintéticas, sustancias naturales y radionucleidos puede afectar a la salud de los ecosistemas marinos y afectar a su estado ambiental que se evalúa mediante este descriptor. Entre estos contaminantes se encuentran aquellos de naturaleza persistente, capaces de permanecer durante décadas asociados a los sedimentos por su baja degradación ambiental y que, a pesar en muchos casos de su prohibición de uso, siguen manteniendo sus efectos tóxicos sobre los organismos marinos. Por otro lado, están los contaminantes de baja persistencia, con niveles ambientales que dependen en gran medida de los aportes actuales y continuos procedentes de diversas fuentes. Cabe destacar la detección en diferentes trabajos de investigación de contaminantes de interés emergente en esta demarcación, no incluidos como sustancias prioritarias en las listas de los programas de seguimiento de convenios regionales, como el Convenio de Barcelona (BARCON), o de la propia Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2000, por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas (DMA). Se trata de contaminantes sin una regulación específica y que en muchos casos pueden tener efectos tóxicos, pero para los que aún no existe información suficiente para su inclusión en estas listas de sustancias prioritarias. Estos contaminantes forman parte de familias de compuestos como fármacos, plaguicidas o productos usados en la higiene personal.



DEFINICIÓN DEL BUEN ESTADO AMBIENTAL



2. Definición de buen estado ambiental (BEA)

Criterio D8C1. En las aguas costeras y territoriales, las concentraciones de contaminantes no superarán los valores umbral establecidos en la Decisión (UE) 2017/848 de la Comisión, de 17 de mayo de 2017, por la que se establecen los criterios y las normas metodológicas aplicables al buen estado medioambiental de las aguas marinas, así como especificaciones y métodos normalizados de seguimiento y evaluación, y por la que se deroga la Decisión 2010/477/UE.

Para el criterio primario D8C1, el buen estado ambiental (BEA) propuesto para este descriptor se corresponde con los criterios internacionales de calidad ambiental relacionados con la concentración de contaminantes en diferentes matrices marinas. Estos derivan de la legislación vigente o son propuestos a nivel regional por convenios internacionales. Se considerará que se alcanza el BEA si los valores umbral establecidos no se superan en al menos un 95 % de los casos.

Criterio D8C2. La salud de las especies y la condición de los hábitats (en particular la composición y abundancia relativa de sus especies en puntos de contaminación crónica) no se ven afectadas adversamente por los contaminantes, incluidos los efectos acumulativos y sinérgicos.

Para el criterio secundario D8C2, el buen estado ambiental (BEA) propuesto está en consonancia con el D8C1, y se basa en criterios internacionales de calidad ambiental establecidos a nivel regional por los convenios internacionales. Se considerará que se alcanza el buen estado ambiental, cuando el 95 % de casos o muestras presenten valores por debajo de sus respectivos criterios de evaluación ambiental (EACs/WACs).

Criterio D8C3. Se reducen al mínimo la extensión espacial y la duración de los eventos significativos de contaminación aguda.

Para el criterio D8C3 se tienen en cuenta las manchas con una superficie mayor de 1 km², cuyo origen está relacionado con un buque o una instalación en tierra y el producto vertido es aceite vegetal o hidrocarburos.

Criterio D8C4 (secundario), a utilizar en caso de que haya ocurrido un evento significativo de contaminación aguda. Los efectos adversos de los eventos significativos de contaminación aguda en la salud de las especies y en la condición de los hábitats (como, por ejemplo, la composición y abundancia relativa de sus especies) se reducen al mínimo y, siempre que sea posible, se eliminan.



CARACTERÍSTICAS, ELEMENTOS Y CRITERIOS EVALUADOS EN EL DESCRIPTOR 8



3. Características, elementos y criterios evaluados en el descriptor 8

La evaluación de los criterios D8C1 y D8C2 se llevó a cabo a través de los datos generados en el programa de seguimiento de la contaminación (PS) diseñado para esta demarcación, basado en diferentes indicadores químicos y biológicos. Siguiendo las directrices del Anexo I de la Ley 41/2010, de 29 de diciembre, de protección del medio marino (LPMM), el objetivo de estos PS fue recopilar la información necesaria para evaluar los impactos y presiones relacionados con la contaminación por sustancias peligrosas, incluyendo compuestos sintéticos y no sintéticos. La estrategia de seguimiento aborda el seguimiento de las concentraciones de contaminantes, los efectos biológicos y las tendencias temporales de contaminación. De esta forma la información obtenida en cada ciclo permite evaluar si se cumple el buen estado ambiental (BEA) de la demarcación, los objetivos ambientales propuestos y la efectividad de las medidas asociadas con este descriptor.

Los programas específicos para el seguimiento de la contaminación aportan datos para la zona próxima a costa (MRU-PC) de la demarcación marina (hasta 350 m de profundidad), donde existen vínculos con los programas de seguimiento del estado químico de las masas de agua contempladas en la aplicación de la DMA, así como un programa de seguimiento más específico de la zona más alejada de costa que sería el área de aguas abiertas (MRU-AA), que abarcaría desde los 350 m de profundidad hasta el límite más profundo de la demarcación. Estos programas específicos están también vinculados al Convenio de Barcelona y concretamente al Programa Integrado de Monitorización y Evaluación (IMAP) del MEDPOL. Actualmente los programas de seguimiento existentes han permitido obtener suficiente número de muestras para evaluar la zona PC, siendo insuficientes para la zona más profunda, por lo que no se ha podido abordar esta evaluación en este ciclo.

Las características evaluadas para los descriptores D8C1 y D8C2 son:

– Para el criterio D8C1:

- **Contaminantes uPBT (PresEnvContuPBTs):** son las sustancias que se comportan como ubicuas, persistentes, bioacumulables y tóxicas en el medio marino.
- **Contaminantes no uPBT (PresEnvContNonuPBTs):** resto de sustancias que no son uPBT.

– Para el criterio D8C2:

- **Efectos adversos sobre especies (PrevEnvAdvEffectsSppHab):** mejillón (*Mytilus galloprovincialis*) y salmonete de fango (*Mullus barbatus*).

Los contaminantes uPBT y no uPBT son evaluados en tres matrices diferentes: sedimento marino, biota (mejillón silvestre y salmonete de fango) y agua. En esta última matriz los datos derivan de las evaluaciones del estado químico de las masas de agua costeras y de transición realizadas en la DMA para estos dos tipos de masas de agua. De esta forma cada sustancia analizada en cada matriz define cada uno de los elementos a evaluar, seleccionados de conformidad con la DMA y contaminantes adicionales que puedan provocar efectos de la contaminación en la región de acuerdo con el Convenio de Barcelona.

El vertido de contaminantes en el medio ambiente plantea la amenaza de una contaminación a largo plazo de los sedimentos marinos, ya que muchas sustancias tienen la capacidad de acumularse en ellos, actuando como depósitos y fuentes de estos contaminantes perjudiciales para el medio ambiente y la salud humana.

Por otro lado, la biota puede bioacumular contaminantes que se pueden transferir a través de la cadena trófica. Los bivalvos, como el mejillón *Mytilus galloprovincialis*, debido a su elevada capacidad de filtración y baja capacidad de detoxificación, integran la carga contaminante presente en la columna de agua y son un indicador de la presencia de contaminantes en la primera línea de costa. Por su parte, el salmonete de fango (*Mullus barbatus*) puede distribuirse horizontalmente hasta 30 km



y se encuentra en profundidades que van desde los 10 m hasta los 300 m, siendo predominante en profundidades inferiores a los 200 m. Estos bioindicadores aportan información sobre la biodisponibilidad de los contaminantes y proporcionan información sobre el estado de la contaminación de los hábitats bentónicos de fondos blandos en la zona próxima a la costa (PC).

Con el propósito de obtener una comprensión completa del alcance del muestreo realizado en la zona próxima a costa de la demarcación (MWE-ES-SD-ESAL-PC), se ha creado un mapa de distribución que muestra las tres matrices empleadas en la evaluación (Figura 1).

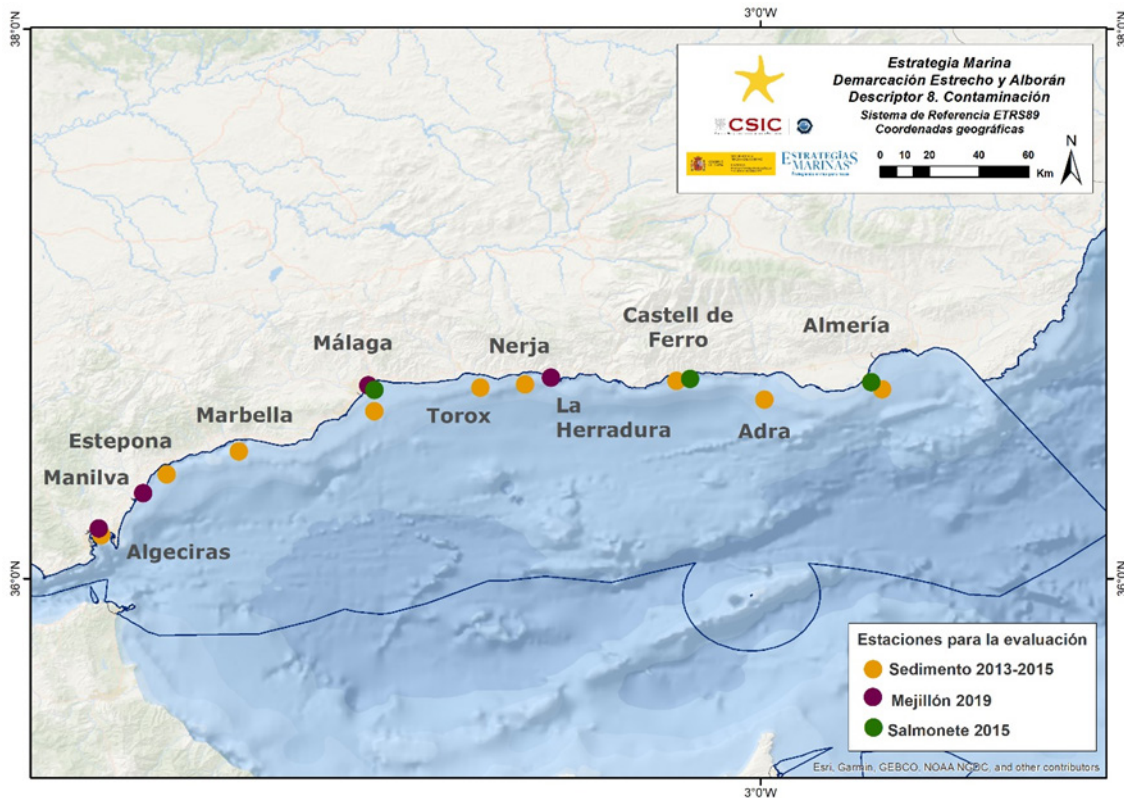


Figura 1. Distribución espacial de las estaciones de muestreo utilizadas para evaluar el sedimento marino, el mejillón silvestre y el salmonete de fango del área próxima a costa (PC) de la demarcación marina Estrecho Y Alborán (DMESAL).

En el criterio D8C2, se utilizan biomarcadores enumerados en la Tabla 1 para evaluar la salud de las especies. Estos biomarcadores están vinculados a los efectos derivados de la exposición a contaminantes ambientales. La alteración significativa en las respuestas de estos biomarcadores puede provocar efectos en varios niveles de organización biológica desde el subcelular hasta el poblacional (nivel subcelular → tisular → sistémico → individual → poblacional → etc.), alterando el ecosistema de los hábitats que representan. Los puntos de muestreo para estas especies son los mismos mencionados para el D8C1, tanto para el mejillón silvestre como el salmonete de fango. Estas especies proporcionan información sobre el estado ambiental de la zona marina próxima a costa (MWE-ES-SD-ESAL-PC).



Tabla 1. Características, elementos y criterios evaluados para el descriptor D8C1 y D8C2 del área PC de la DMESAL.

Criterio	Matriz	Elementos (contaminantes, biomarcadores)
D8C1	Agua	Concentración de sustancias prioritarias y otros contaminantes en aguas costeras (DMA)
	Sedimento	Sustancias uPBT: ▪ Contaminantes organoclorados: PCB105, PCB118, PCB156. ▪ Contaminantes organobromados: PBDE28, PBDE47, PBDE99, PBDE100, PBDE153, PBDE154. ▪ Contaminantes organoestánicos: catión de tributilestaño. ▪ Hidrocarburos aromáticos policíclicos: benzo(b)fluoranteno, benzo(k)fluoranteno, benzo(a)pireno, benzo(g,h,i)perileno, indeno(c,d)pireno. ▪ Metales pesados: mercurio. Sustancias no uPBT: ▪ Contaminantes organoclorados: PCB28, PCB52, PCB101, PCB138. PCB153, PCB180, Σ7PCBs, α-HCH, lindano, hexaclorobenceno, aldrín, dieldrín, endrín, isodrín, p,p'-DDE, p,p'-DDD, p,p'-DDT, o,p'-DDT. ▪ Contaminantes organobromados: PBDE66, PBDE85, PBDE183. ▪ Contaminantes organoestánicos: ion de dibutilestaño y monobutilestaño. ▪ Hidrocarburos aromáticos policíclicos: fenantreno, antraceno, fluoranteno, pireno, benzo(a)antraceno, criseno, dibenzo(a,h)antraceno. ▪ Metales pesados: cadmio, plomo.
	Biota	Sustancias uPBT: ▪ Contaminantes organoclorados: PCB105, PCB118, PCB156. ▪ Contaminantes organobromados: PBDE28, PBDE47, PBDE99, PBDE100, PBDE153, PBDE154. ▪ Hidrocarburos aromáticos policíclicos: benzo(b)fluoranteno, benzo(k)fluoranteno, benzo(a)pireno, benzo(g,h,i)perileno, indeno(c,d)pireno ▪ Metales pesados: mercurio. Sustancias no uPBT: ▪ Contaminantes organoclorados: PCB28, PCB52, PCB101, PCB138. PCB153, PCB180, Σ7PCBs, α-HCH, lindano, hexaclorobenceno, aldrín, dieldrín, endrín, isodrín, p,p'-DDE, p,p'-DDD, p,p'-DDT, o,p'-DDT. ▪ Contaminantes organobromados: PBDE66, PBDE85, PBDE183. ▪ Hidrocarburos aromáticos policíclicos: fenantreno, antraceno, fluoranteno, pireno, benzo(a)antraceno, criseno, dibenzo(a,h)antraceno. ▪ Metales pesados: cadmio, plomo.
D8C2	<i>Mytilus galloprovincialis</i> y <i>Mullus barbatus</i>	Efectos adversos sobre especies marinas: ▪ Efectos sobre mejillón (<i>Mytilus galloprovincialis</i>): concentración de metalotioneínas, actividad acetilcolinesterasa, frecuencia de micronúcleos, estabilidad de la membrana lisosomal, tiempo de supervivencia en condiciones aéreas. ▪ Efectos sobre salmonete de fango (<i>Mullus barbatus</i>): frecuencia de micronúcleos en eritrocitos, actividad hepática EROD, actividad acetilcolinesterasa en cerebro.



Principales presiones relacionadas

Tabla 2. Principales presiones relacionadas con el descriptor 8.

Presiones	Actividades
Aporte de otras sustancias (por ejemplo, sustancias sintéticas, sustancias no sintéticas, radionucleidos) procedentes tanto de fuentes difusas como de fuentes puntuales, deposición atmosférica y eventos de contaminación aguda	Prospecciones y explotaciones de minerales, gas o petróleo
	Transporte marítimo
	Vertidos urbanos e industriales o agropecuarios, entre otros



EVALUACIÓN GENERAL A NIVEL DE DEMARCACIÓN MARINA



4. Evaluación general a nivel de demarcación marina de criterio y característica

4.1. D8C1-Concentración de contaminantes

4.1.1. D8C1-Concentración de contaminantes sustancias uPBT en MWE-ES-SD-ESAL-PC

Consecución del BEA

Tabla 3. Consecución del buen estado ambiental para el criterio D8C1, sustancias uPBT en la zona próxima a costa de la DMESAL.

Valor umbral para la consecución del BEA (% de contaminantes en BEA)	No establecido a nivel (sub)regional
% de marcadores en BEA	68 %
Resultado de la evaluación	Desconocido (no existe un nivel de integración de la evaluación de los elementos)
Periodo de evaluación	2013-2019

Descripción del estado del D8C1 - sustancias UPBT

En la Tabla 4 se describe cada una de las sustancias uPBT analizadas en todas las matrices y se define su estado atendiendo a si se alcanza el BEA, no se alcanza el BEA, o es desconocido por no existir un valor umbral establecido (EACs) aplicable. Del total de elementos evaluados en un 68 % se alcanza el BEA. Además, se describen las tendencias temporales de las concentraciones de estas sustancias en mejillón.

Tabla 4. Descripción del estado de los contaminantes uPBT del área PC de la DMESAL.

Estado: ■ Se alcanza el BEA; ■ No se alcanza el BEA; ■ Desconocido (evaluación no concluyente); ■ No evaluado. Tendencia del estado en comparación con el ciclo previo: ↔ Estable; ↗ Mejora; ↘ En deterioro; n.r. no relevante; ¿? Desconocido.

Criterio	Característica	Elemento	Estado	Tendencia
D8C1	Sustancias uPBT	PCB105 en sedimento	■	¿?
		PCB118 en sedimento	■	¿?
		PCB156 en sedimento	■	¿?
		PCB105 en mejillón	■	↔
		PCB118 en mejillón	■	↔
		PCB156 en mejillón	■	↔



Criterio	Característica	Elemento	Estado	Tendencia
D8C1	Sustancias uPBT	PCB105 en salmonete		¿?
		PCB118 en salmonete		¿?
		PCB156 en salmonete		¿?
		PBDE28 en sedimento		¿?
		PBDE47 en sedimento		¿?
		PBDE99 en sedimento		¿?
		PBDE100 en sedimento		¿?
		PBDE153 en sedimento		¿?
		PBDE154 en sedimento		¿?
		PBDE28 en mejillón		¿?
		PBDE47 en mejillón		¿?
		PBDE99 en mejillón		¿?
		PBDE100 en mejillón		¿?
		PBDE153 en mejillón		¿?
		PBDE154 en mejillón		¿?
		Catión de tributilestaño (TBSN+) en sedimento		¿?
		Benzo(b)fluoranteno en sedimento		¿?
		Benzo(k)fluoranteno en sedimento		¿?
		Benzo(a)pireno en sedimento		¿?
		Benzo(g,h,i)perileno en sedimento		¿?
		Indeno(c,d)pireno en sedimento		¿?
		Benzo(b)fluoranteno en mejillón		↔
		Benzo(k)fluoranteno en mejillón		↔
		Benzo(a)pireno en mejillón		↔
		Benzo(g,h,i)perileno en mejillón		↔
		Indeno(c,d)pireno en mejillón		↔



Criterio	Característica	Elemento	Estado	Tendencia
D8C1	Sustancias uPBT	Mercurio en sedimento		¿?
		Mercurio en mejillón		↗
		Mercurio en salmonete		¿?
	Sustancias uPBT		68 % de contaminantes en BEA	

Los PCBs uPBT muestran una tendencia estable, similar a la obtenida en el segundo ciclo. En el caso de los hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAHs), la tendencia es mayoritariamente estable, aunque se observa una mejora de los PAHs uPBT en la estación localizada en Algeciras, donde se detectan los mayores niveles de contaminantes de la demarcación. En cuanto al mercurio, se observa una mejora en la mayoría de las estaciones, incluyendo Algeciras, lo que mejora la situación con respecto al ciclo anterior, en el que las tendencias detectadas eran mayoritariamente estables.

En el caso de las sustancias uPBT también se han tenido en cuenta las evaluaciones de las masas de agua de transición y costeras realizadas dentro de los programas de seguimiento de la DMA. Estas evaluaciones se basan fundamentalmente en los análisis de contaminantes químicos en la columna de agua y solo cubren una pequeña parte de la superficie de la unidad de la demarcación que se evalúa, ya que se extienden hacia tierra desde una línea cuya totalidad de puntos se encuentra a una distancia de 1 milla náutica mar adentro desde el punto más próximo de la línea de base que sirve para medir la anchura de las aguas territoriales.

El estado químico, de acuerdo con esta directiva, se define como una medida de la calidad de las aguas superficiales que indica el grado de cumplimiento de las normas de calidad ambiental para las sustancias prioritarias y otros contaminantes especificados en el Real Decreto 817/2015 y que incluyen sustancias uPBT. El estado químico de las aguas superficiales se clasifica únicamente como “bueno” o “no alcanza el buen estado”. La valoración realizada para el periodo 2016-2019 de las Cuencas Mediterráneas Andaluzas que comprende una extensión de masas de agua costeras naturales de 2.038,29 km² indicó que en esta demarcación el 100 % de éstas alcanzó el buen estado químico.

4.1.2. D8C1-Concentración de contaminantes sustancias no uPBT en MWE-ES-SD-ESAL-PC

Consecución del BEA

Tabla 5. Consecución del buen estado ambiental para el criterio D8C1, sustancias no uPBT en la zona próxima a costa de la DMESAL.

Valor umbral para la consecución del BEA (% de contaminantes en BEA)	No establecido a nivel (sub)regional
% de marcadores en BEA	77,6 %
Resultado de la evaluación	Desconocido (no existe un nivel de integración de la evaluación de los elementos)
Periodo de evaluación	2013-2019



Descripción del estado del D8C1 - sustancias no-UPBT

En la Tabla 6 se describe cada una de las sustancias no uPBT examinadas en todas las matrices y se define su estado atendiendo a si se alcanza el BEA, no se alcanza el BEA, o es desconocido por no existir un valor umbral establecido (EACs). Del total de elementos evaluados, el BEA se alcanza en un 77,6 % de los casos. Además, se describen las tendencias temporales de las concentraciones de estas sustancias en mejillón.

Tabla 6. Descripción del estado de los contaminantes no uPBT del área PC de la DMESAL.

Estado: ■ Se alcanza el BEA; ■ No se alcanza el BEA; ■ Desconocido (evaluación no concluyente); ■ No evaluado. Tendencia del estado en comparación con el ciclo previo: ↔ Estable; ↗ Mejora; ↘ En deterioro; n.r. no relevante; ¿? Desconocido.

Criterio	Característica	Elemento	Estado	Tendencia
D8C1	Sustancias no uPBT	PCB28 en sedimento	■	¿?
		PCB52 en sedimento	■	¿?
		PCB101 en sedimento	■	¿?
		PCB138 en sedimento	■	¿?
		PCB153 en sedimento	■	¿?
		PCB180 en sedimento	■	¿?
		Σ7PCBs en sedimento	■	¿?
		α-HCH en sedimento	■	¿?
		Lindano en sedimento	■	¿?
		HCB en sedimento	■	¿?
		Aldrín en sedimento	■	¿?
		Isodrín en sedimento	■	¿?
		Dieldrín en sedimento	■	¿?
		Endrín en sedimento	■	¿?
		p,p'-DDE en sedimento	■	¿?
		p,p'-DDD en sedimento	■	¿?
		p,p'-DDT en sedimento	■	¿?
		o,p'-DDT en sedimento	■	¿?
		PCB28 en mejillón	■	↔
		PCB52 en mejillón	■	↔
		PCB101 en mejillón	■	↔
		PCB138 en mejillón	■	↔
		PCB153 en mejillón	■	↔
		PCB180 en mejillón	■	↔



Criterio	Característica	Elemento	Estado	Tendencia
D8C1	Sustancias no uPBT	$\Sigma 7$ PCBs en mejillón		↔
		α -HCH en mejillón		↔
		Lindano en mejillón		↔
		HCB en mejillón		↔
		Aldrín en mejillón		↔
		Isodrín en mejillón		↔
		Dieldrín en mejillón		↔
		Endrín en mejillón		↔
		<i>p,p'</i> -DDE en mejillón		↔
		<i>p,p'</i> -DDD en mejillón		↔
		<i>p,p'</i> -DDT en mejillón		↔
		<i>o,p'</i> -DDT en mejillón		↔
		PCB28 en salmonete		?
		PCB52 en salmonete		?
		PCB101 en salmonete		?
		PCB138 en salmonete		?
		PCB153 en salmonete		?
		PCB180 en salmonete		?
		$\Sigma 7$ PCBs en salmonete		?
		α -HCH en salmonete		?
		Lindano en salmonete		?
		HCB en salmonete		?
		Aldrín en salmonete		?
		Isodrín en salmonete		?
		Dieldrín en salmonete		?
		Endrín en salmonete		?
		<i>p,p'</i> -DDE en salmonete		?
		<i>p,p'</i> -DDD en salmonete		?
		<i>p,p'</i> -DDT en salmonete		?
		<i>o,p'</i> -DDT en salmonete		?



Criterio	Característica	Elemento	Estado	Tendencia
D8C1	Sustancias no uPBT	PBDE66 en sedimento		?
		PBDE85 en sedimento		?
		PBDE183 en sedimento		?
		PBDE66 en mejillón		?
		PBDE85 en mejillón		?
		PBDE183 en mejillón		?
		Ion de dibutilestaño (DBSN+) en sedimento		?
		Ion de monobutilestaño (MBSN+) en sedimento		?
		Fenantreno en sedimento		?
		Antraceno en sedimento		?
		Fluoranteno en sedimento		?
		Pireno en sedimento		?
		Benzo(a)antraceno en sedimento		?
		Criseno en sedimento		?
		Dibenzo(ah)antraceno en sedimento		?
		Fenantreno en mejillón		↔
		Antraceno en mejillón		↔
		Fluoranteno en mejillón		↔
		Pireno en mejillón		↔
		Benzo(a)antraceno en mejillón		↔
		Criseno en mejillón		↔
		Dibenzo(ah)antraceno en mejillón		↔
		Cadmio en sedimento		?
		Plomo en sedimento		?
		Cadmio en mejillón		↔
		Plomo en mejillón		↔
		Cadmio en salmonete		?
		Plomo en salmonete		?
	Sustancias no uPBT		77,6 % de contaminantes en BEA	



Los PCBs y pesticidas clorados no uPBT muestran una tendencia estable, similar a la del ciclo anterior. En el caso de los PAHs no uPBT, su tendencia fue mayoritariamente estable, pero en algunas de las estaciones muestreadas se detecta una mejora o tendencia decreciente que no se observó en el segundo ciclo. En cuanto a los dos metales plomo y cadmio, las concentraciones permanecen mayoritariamente estables, al igual que sucedió en el segundo ciclo.

En el caso de las sustancias no uPBT también se han tenido en cuenta las evaluaciones de las masas de agua de transición y costeras realizadas dentro de los programas de seguimiento de la DMA. La valoración realizada para el periodo 2016-2019 de las Cuencas Mediterráneas Andaluzas que comprenden una extensión de masas de agua costeras naturales de 2.038,29 km² indicó que en esta demarcación el 100 % de éstas alcanzó el buen estado químico.

Las sustancias no uPBT analizadas por el organismo de cuenca en la demarcación fueron benzo(g,h,i)perileno (CAS 191-24-2), cadmio y sus compuestos (CAS 7440-43-9).



4.2. D8C2-Especies y hábitats expuestos a los riesgos derivados de los contaminantes en MWE - ES - SD - ESAL - PC

Consecución del BEA

Tabla 7. Consecución del buen estado ambiental para el criterio D8C2, en la zona próxima a costa de la DMESAL.

Valor umbral para la consecución del BEA (% de marcadores en BEA)	No establecido a nivel (sub)regional
% de marcadores en BEA	50 %
Resultado de la evaluación	Desconocido
Periodo de evaluación	2015-2016 para <i>Mullus barbatus</i>
	2015-2019 para <i>Mytilus galloprovincialis</i>

Descripción del estado del D8C2 – especies y hábitats

En la Tabla 8 se describe cada uno de los elementos examinados en mejillón silvestre y salmonete de fango. Además, se define su estado atendiendo a si se alcanza el BEA, no se alcanza el BEA, o no ha sido posible su evaluación por no existir un valor umbral establecido (EACs/WACs). Del total de elementos evaluados, el BEA se alcanza en un 50 % de los casos. También se muestran las tendencias temporales para los biomarcadores en mejillón.

Tabla 8. Descripción de la salud de las especies del área PC de la DMESAL.

Estado: ■ Se alcanza el BEA; ■ No se alcanza el BEA; ■ Desconocido (evaluación no concluyente); ■ No evaluado. Tendencia del estado en comparación con el ciclo previo: ↔ Estable; ↗ Mejora; ↘ En deterioro; n.r. no relevante; ¿? Desconocido.

Criterio	Característica	Elemento	Estado	Tendencia
D8C2	<i>Mytilus galloprovincialis</i>	Concentración de metalotioneínas	■	↔
		Actividad acetilcolinesterasa	■	↔
		Frecuencia de micronúcleos	■	↔
		Estabilidad membrana lisosomal	■	↔
		Supervivencia en condiciones aéreas	■	↔
	<i>Mullus barbatus</i>	Actividad EROD	■	¿?
		Actividad acetilcolinesterasa	■	¿?
		Frecuencia de micronúcleos	■	¿?
	50 % de biomarcadores en BEA			



4.3. D8C3-Eventos significativos de contaminación aguda

Consecución del BEA

Tabla 9. Resultado de la evaluación del D8C3 en la DMESAL.

Valor umbral para la consecución del BEA (% de área de la demarcación afectada)	No establecido a nivel (sub)regional
% área de la demarcación afectada	0,025 %
Resultado de la evaluación	Desconocido. Al no estar definido el umbral, este valor no puede ser calculado. La suma del área afectada por los eventos individuales de contaminación identificados asciende a 7 km ² . Para calcular la proporción del área de la demarcación no afectada por eventos agudos de contaminación, se crea un polígono circular para cada mancha detectada con el área registrada. Ya que en algunos casos las manchas de diferentes eventos afectan al mismo espacio geográfico, se unifican los polígonos de tal forma que las superficies en esta situación no sean contabilizadas por duplicado. Aplicando esta metodología, el porcentaje estimado de la demarcación en el que no se ha observado ningún evento agudo de contaminación asciende al 99,975 %.
Periodo de evaluación	2016-2021

Descripción del estado del D8C3 - eventos agudos de contaminación

Tabla 10. Descripción del estado de la evaluación del D8C3 en la DMESAL.

Criterio	Característica	Estado	Tendencia
D8C3	Eventos agudos de contaminación		

Lagunas de información y confianza en la evaluación

En la evaluación de este criterio no se ha llegado todavía a un consenso a nivel europeo de la definición de evento significativo de contaminación aguda, y es necesario todavía concretar al menos el tipo de derrame, las métricas y unidades. Para avanzar en esta tarea, se está trabajando en un documento inicial que recopila las distintas evaluaciones realizadas por los Estados miembros en los ciclos anteriores para este criterio, de forma que se puedan buscar sinergias y formas comunes de realizar la recopilación y gestión de los datos, así como su notificación.

Por otro lado, es necesario tener una mejor comprensión a nivel europeo de cómo se deben utilizar los criterios D8C3 y D8C4 en la evaluación general del D8, garantizando que los derrames de petróleo (y otros productos químicos) y sus efectos se tengan en cuenta en una evaluación holística del buen estado ambiental.



4.4. D8C4-Efectos de los eventos agudos de contaminación

Este criterio no ha podido ser evaluado por falta de datos.



EVALUACIÓN POR ELEMENTO Y CRITERIO A NIVEL DE DEMARCACIÓN MARINA



5. Evaluación por elemento y criterio a nivel de demarcación marina

5.1. Evaluación por elemento y criterio a nivel de demarcación marina, D8C1

5.1.1. Evaluación por elemento y criterio a nivel de demarcación marina, D8C1, sustancias UPBT

Área de evaluación

Zona próxima a costa de la demarcación marina Estrecho y Alborán (MWE-ES-SD-ESAL-PC).

Metodología de evaluación

La evaluación de los datos obtenidos requiere el uso de niveles de referencia, tanto para identificar aquellas zonas con baja incidencia antropogénica y concentraciones próximas a los niveles basales en datos actuales o históricos (nivel basal o background, BC), como para aquellas en las que las concentraciones pueden ocasionar efectos adversos en el ecosistema. En el caso de concentraciones de contaminantes en sedimentos y biota, los criterios de calidad utilizados corresponden en su mayor parte a los establecidos o aceptados por organismos internacionales (Convenio para la Protección del Medio Ambiente Marino del Atlántico del Nordeste OSPAR, el Programa MEDPOL del Convenio de Barcelona, y/o normativa europea). Se utiliza un sistema de tres niveles de calidad, estableciendo dos valores de transición T0 (BAC) y T1 (EAC) donde:

Tabla 11. Correspondencia entre los niveles de calidad y el buen estado ambiental.

Valor		Estado
Valor < T0	La concentración de la sustancia peligrosa es próxima a cero o inferior a los niveles basales, por lo que el estado del sistema es adecuado.	BEA
T0 < Valor < T1	La concentración de la sustancia peligrosa es tal que se puede asumir que hay poco o ningún riesgo para el medio ambiente y las especies que allí habitan, a nivel de población o de comunidad. El estado del sistema es todavía aceptable, aunque se ha constatado una desviación significativa respecto a los niveles basales, sin que suponga un riesgo cierto para el medio.	BEA
Valor > T1	La concentración de la sustancia peligrosa puede suponer un riesgo para el medio ambiente y para las especies que allí habitan. El estado del sistema no es aceptable, ya que hay un potencial efecto de esta sustancia en el medio, y esta probabilidad aumenta conforme lo hace su desviación respecto al valor de transición.	No BEA

En la evaluación inicial de esta demarcación, se estableció un valor umbral para la proporción de casos que deberían estar por debajo del T1, lo que permitiría determinar si se alcanza o no el buen estado ambiental (BEA) para dicha demarcación. Se mantiene la definición del BEA, que establece que las concentraciones de las muestras deben ser inferiores al valor umbral inicial (T1 o el valor EAC) en, al menos, un 95 % de los casos evaluados. La evaluación se basa en la medida de un grupo de



elementos que cubre el conjunto de componentes/procesos/actividades/presiones que deben ser objeto de seguimiento.

En cuanto a las tendencias, el seguimiento realizado en los últimos años en los mismos puntos de muestreo a lo largo de la costa mediterránea española permite realizar un estudio de las tendencias temporales de la contaminación utilizando una prueba de tendencia de Mann-Kendall y la pendiente de Sen.

5.1.1.1. Organoclorados: sustancias UPBT

Resultados de la evaluación del tercer ciclo

El resultado de la evaluación de los contaminantes organoclorados uPBT (PCB105, PCB118 y PCB156) para el área próxima a costa de la demarcación marina del Estrecho y Alborán se resume en la Tabla 12 y muestra que aproximadamente el 33 % se encuentra en buen estado.

Tabla 12. Resultados de la evaluación del tercer ciclo para los contaminantes organoclorados uPBT en las muestras de sedimento marino, mejillón silvestre y salmonete de fango del área PC de la DMESAL.

Estado: ■ Se alcanza el BEA; ■ No se alcanza el BEA; ■ Desconocido (no existe valor EAC establecido); ■ No evaluado.

Contaminantes uPBT	CONC-S-2000	CONC-B mejillón	CONC-B-MU salmonete
PCB105	■	■	■
PCB118	■	■	■
PCB156	■	■	■

Metodología de evaluación e indicadores relacionados

La evaluación se basa en la medida de contaminantes organoclorados (PCBs) UPBT conocidos por su riesgo medioambiental.

La evaluación está basada en el análisis de los siguientes indicadores:

- Concentración de organoclorados en sedimentos marinos: CONT-PCB-s.
- Concentración de organoclorados en biota marina: CONT-PCB-b.

Parámetros utilizados

- Concentración en sedimento, fracción inferior a 2000 μm (CONC-S-2000): PCB105, PCB118, PCB156.
- Concentración en biota (CONC-B), mejillón *Mytilus galloprovincialis*: PCB105, PCB118, PCB156.
- Concentración en biota (CONC-B-MU), músculo de salmonete *Mullus barbatus*: PCB105, PCB118, PCB156.



Valores umbral

Tabla 13. Criterios seleccionados como niveles basales y valores de referencia para la evaluación de compuestos organoclorados uPBT en las muestras de sedimento, mejillón y salmonete del área PC de la DMESAL. *Decisión IG. 22/7 e IG. 23/6 del IMAP: Niveles EAC en el Mediterráneo para compuestos organoclorados basados en sus respectivos valores adoptados por el convenio OSPAR. # El valor original, en $\mu\text{g}/\text{kg p.s.}$, ha sido transformado a peso húmedo utilizando una relación de liofilización de 5. ** UNEP/MED WG.533/3: Niveles BAC para el Mediterráneo.

Contaminantes uPBT	Sedimento $\mu\text{g}/\text{kg p.s.}$		Mejillón $\mu\text{g}/\text{kg p.h.}$		Salmonete $\mu\text{g}/\text{kg lípido}$	
	BAC**	EAC*	BAC**	EAC*	BAC**	EAC*
PCB105	-	-	-	-	-	-
PCB118	0,46	0,6	0,3	0,24 [#]	-	24
PCB156	-	-	-	-	-	-

Valores obtenidos para el parámetro

Concentración en sedimento total, fracción inferior a $2 \mu\text{m}$ (CONC-S-2000): área PC

Tabla 14. Concentraciones de bifenilos policlorados (PCBs) uPBT en sedimento marino del área PC de la DMESAL muestreados los años 2013 y 2015 expresados en $\mu\text{g}/\text{kg peso seco (p.s.)}$. *Límite de cuantificación ($0,03 \mu\text{g}/\text{kg p.s.}$).

CONC-S-2000	Unidades	Media	SD	Máximo	Mínimo	N
PCB105	$\mu\text{g}/\text{kg p.s.}$	0,06	0,10	0,33	<0,03*	17
PCB118	$\mu\text{g}/\text{kg p.s.}$	0,23	0,35	1,20	<0,03*	17
PCB156	$\mu\text{g}/\text{kg p.s.}$	0,07	0,13	0,44	<0,03*	17

En cuanto al sedimento, los valores medios más elevados se observaron en Algeciras, con concentraciones de $0,26 \mu\text{g}/\text{kg p.s.}$ para el PCB105, $0,95 \mu\text{g}/\text{kg p.s.}$ para el PCB118, y $0,33 \mu\text{g}/\text{kg p.s.}$ para el PCB156. Las demás estaciones presentaron concentraciones considerablemente más bajas para los tres compuestos, como se puede apreciar en la Figura 2 y Figura 3.

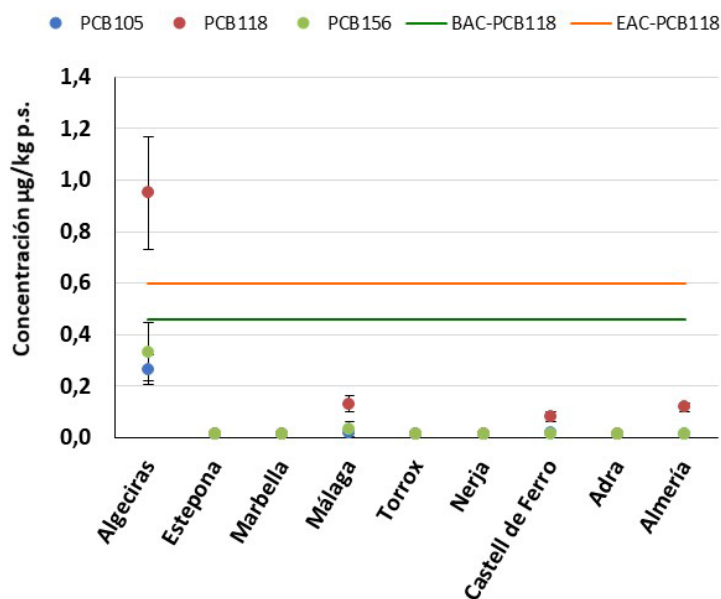


Figura 2. Concentración (valor medio $\pm$ desviación estándar) del PCB105, PCB118, PCB156 en sedimento marino del área PC de la DME-SAL ($\mu\text{g}/\text{kg p.s.}$) muestreados los años 2013 y 2015, y el valor BAC y EAC para el PCB118.

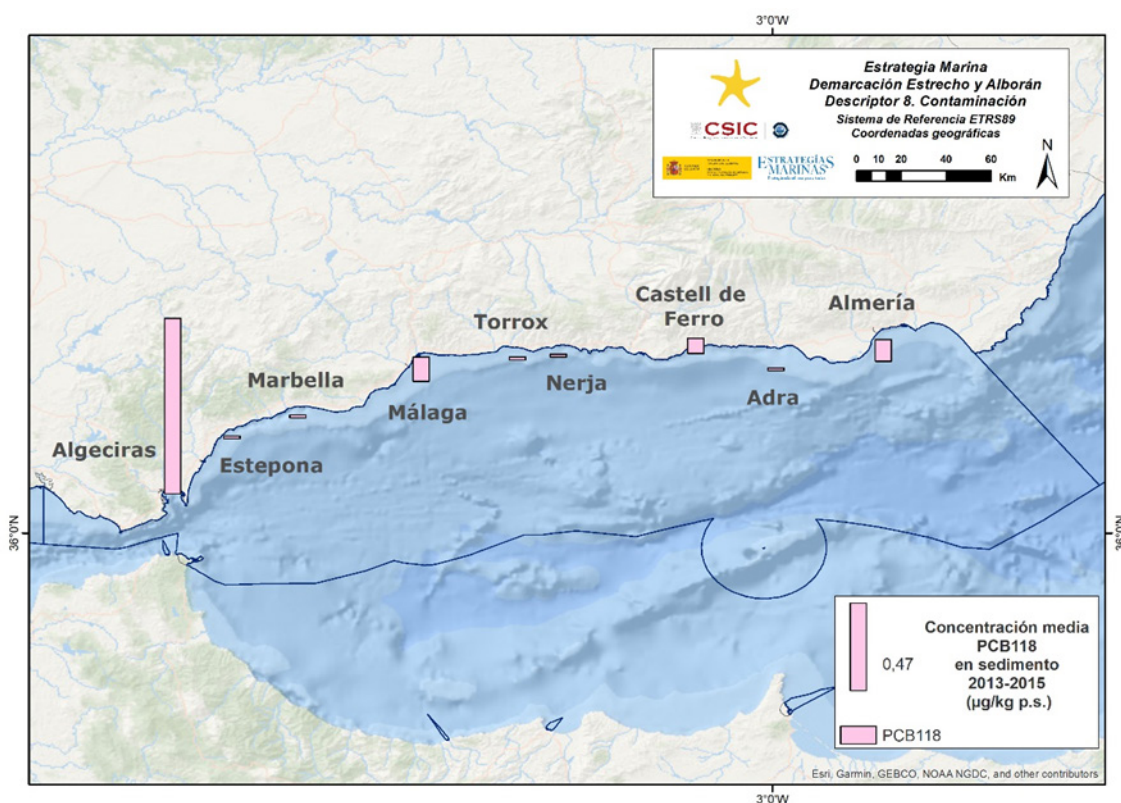


Figura 3. Distribución espacial del valor medio de la concentración del PCB118 ($\mu\text{g}/\text{kg p.s.}$) en sedimento marino del área PC de la DME-SAL muestreados los años 2013 y 2015.



Concentración en biota (CONC-B), mejillón *Mytilus galloprovincialis*: área PC

Tabla 15. Concentraciones de bifenilos policlorados (PCBs) uPBT en mejillón silvestre del área PC de la DMESAL muestreados el año 2019 en $\mu\text{g/kg}$ expresado en peso húmedo (p.h.). *Límite de cuantificación 0,01 expresado en $\mu\text{g/kg p.h.}$

CONC-B mejillón	Unidades	Media	SD	Máximo	Mínimo	N
PCB105	$\mu\text{g/kg p.h.}$	0,04	0,03	0,10	<0,01*	12
PCB118	$\mu\text{g/kg p.h.}$	0,13	0,09	0,28	<0,01*	12
PCB156	$\mu\text{g/kg p.h.}$	0,03	0,01	0,05	<0,01*	12

En mejillón, los valores mínimos se registraron en La Herradura con concentraciones medias de 0,02 $\mu\text{g/kg}$ de peso húmedo para el PCB118, mientras que fueron inferiores al límite de cuantificación para el PCB105 y el PCB156. Las concentraciones más altas se encontraron en Algeciras para el PCB105 (0,09 $\mu\text{g/kg}$ de p.h.) y el PCB118 (0,25 $\mu\text{g/kg}$ de p.h.), y en Manilva para el PCB156 (0,05 $\mu\text{g/kg}$ de p.h.) (ver Figura 4 y Figura 5).

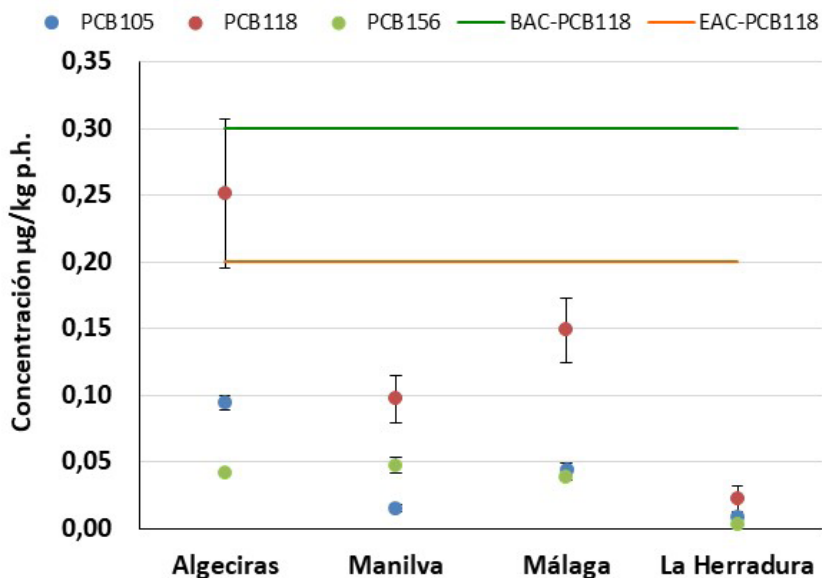


Figura 4. Concentración (valor medio $\pm$ desviación estándar) del PCB105, PCB118, PCB153 en mejillón silvestre del área PC de la DME-SAL ($\mu\text{g/kg p.h.}$) muestreados el año 2019, y el valor BAC y EAC para el PCB118.

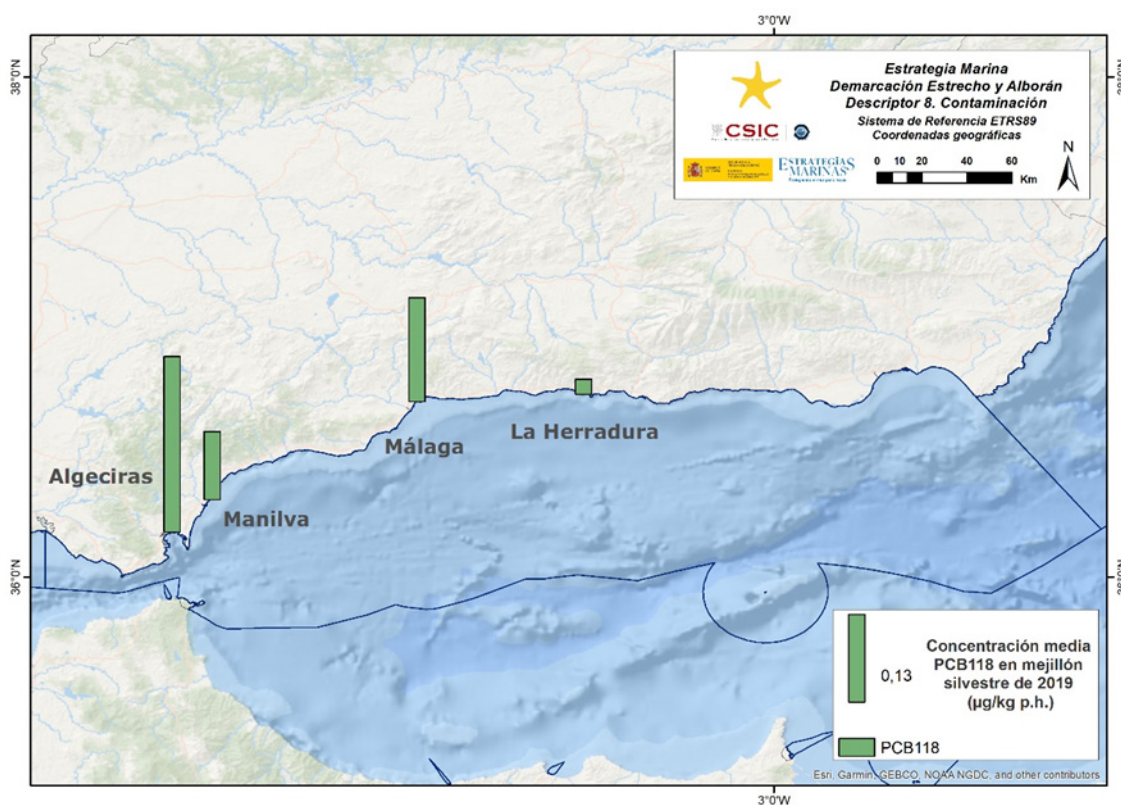


Figura 5. Distribución espacial del valor medio de la concentración del PCB118 ($\mu\text{g/kg p.h.}$) en mejillón silvestre del área PC de la DMESAL muestreados el año 2019.

Concentración en biota (CONC-B-MU), músculo de salmonete *Mullus barbatus*: área PC

Tabla 16. Concentraciones de bifenilos policlorados (PCBs) uPBT en salmonete de fango del área PC de la DMESAL muestreados el año 2015 ($\mu\text{g/kg}$ lípido). *Límite de cuantificación 0,3 expresado en $\mu\text{g/kg}$ lípido.

CONC-B-MU salmonete	Unidades	Media	SD	Máximo	Mínimo	N
PCB105	$\mu\text{g/kg}$ lípido	4,81	6,18	38,01	<0,3*	36
PCB118	$\mu\text{g/kg}$ lípido	24,12	25,98	151,54	<0,3*	36
PCB156	$\mu\text{g/kg}$ lípido	4,99	7,39	31,4	<0,3*	36

En salmonete, la estación con los valores más altos para el PCB105 y PCB118 fue Castell de Ferro, mientras que, para el PCB156, la concentración media más alta se encontró en Málaga (Figura 6 y Figura 7).

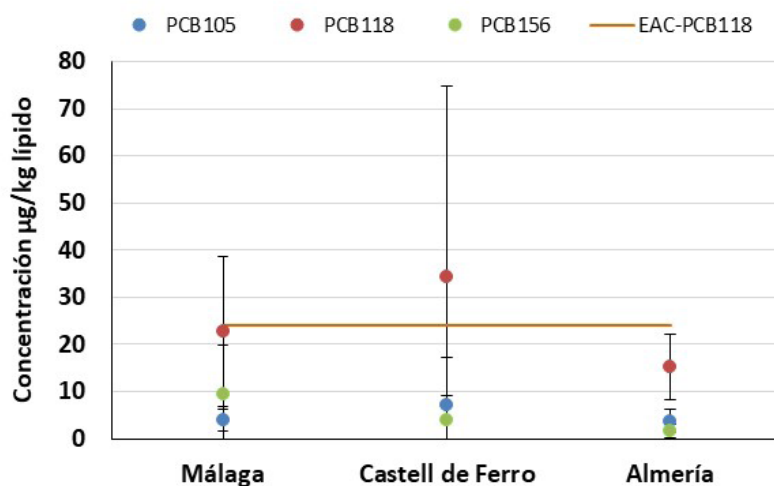


Figura 6. Concentración (valor medio $\pm$ desviación estándar) del PCB105, PCB118, PCB156 en salmonete de fango del área PC de la DMESAL ($\mu\text{g/kg}$ lípido) muestreados el año 2015, y el valor EAC para el PCB118.

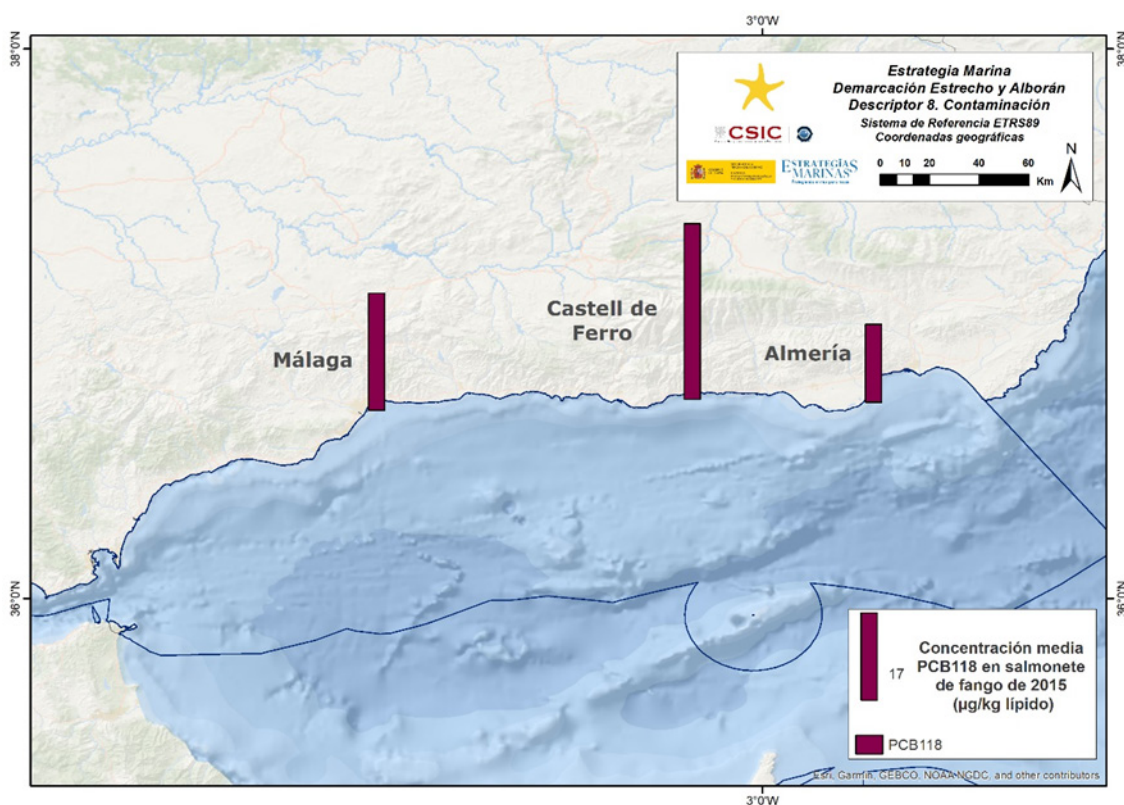


Figura 7. Distribución espacial del valor medio de la concentración del PCB118 ($\mu\text{g/kg}$ lípido) en salmonete de fango del área PC de la DMESAL muestreados el año 2015.



Tendencia de los valores obtenidos para el parámetro

La tendencia de los compuestos organoclorados uPBT se ha evaluado en mejillón. El seguimiento se lleva realizando desde 2008 en los mismos puntos de muestreo a lo largo de la costa mediterránea española. De este análisis se deduce que no es posible observar ninguna tendencia estadísticamente significativa ($p > 0,05$) para estos contaminantes.

Tabla 17. Tendencias temporales en mejillón silvestre del área PC de la DMESAL para los bifenilos policlorados (PCBs) uPBT. ↔ Estable; ↗ Mejora; ↘ En deterioro; n.r. no relevante; ¿? Desconocido

Estación	PCB105	PCB118	PCB156	Años muestreados	Primer año	Último año
Algeciras	↔	↔	↔	9	2008	2019
Manilva	↔	↔	↔	9	2008	2019
Málaga	↔	↔	↔	8	2008	2019
La Herradura	↔	↔	↔	7	2008	2019

Consecución del parámetro

Tabla 18. Consecución del parámetro en relación con la evaluación de compuestos organoclorados uPBT en las muestras de sedimento, mejillón y salmonete del área PC de la DMESAL.

■ Sí (≤ 5 % muestras sobrepasan el EAC); ■ No (> 5 % muestras sobrepasan el EAC); ■ Desconocido (cuando no existe valor EAC establecido); ■ No evaluado (no existe un número representativo de muestras para realizar la evaluación).

Contaminante uPBT	CONC-S-2000	CONC-B mejillón	CONC-B-MU salmonete
PCB105	■	■	■
PCB118	■	■	■
PCB156	■	■	■

Las concentraciones de los compuestos organoclorados uPBT se han clasificado atendiendo a los niveles basales (BAC) y a las concentraciones con efecto potencial (EAC) (ver Tabla 19). En el sedimento se ha observado que, de las 9 estaciones muestreadas, las tres muestras de Algeciras sobrepasan el valor establecido como EAC. Respecto al mejillón, ninguna de las cuatro estaciones estudiadas supera el valor EAC para el PCB118. Por último, en el caso del salmonete, un 33,3 % de las muestras están por encima del EAC, por lo que no cumplen con el valor umbral.



Tabla 19. Porcentaje de muestras, según los criterios de evaluación propuestos de BAC y EAC para los compuestos organoclorados uPBT, del área PC de la DMESAL.

	Parámetro	< BAC (%)	>BAC y <EAC (%)	>EAC (%)
PCB118	CONC-S-2000	82,4	0	17,6
	CONC-B mejillón	25	75	0
	CONC-B-MU salmonete	22,2	44,5	33,3

5.1.1.2. Polibromodifenil éteres (PBDEs): sustancias uPBT

Resultados de la evaluación del tercer ciclo

El resultado de la evaluación de los contaminantes PBDEs uPBT (PBDE28, PBDE47, PBDE99, PBDE100, PBDE153 y PBDE154) para la demarcación marina del Estrecho y Alborán se resume en la Tabla 20, y muestra como 100 % se encuentra en buen estado.

Tabla 20. Resultados de la evaluación del tercer ciclo para los polibromodifenil éteres uPBT en las muestras de sedimento marino, mejillón silvestre y salmonete de fango del área PC de la DMESAL.

Estado: ■ Se alcanza el BEA; ■ No se alcanza el BEA; ■ Desconocido (no existe un valor EAC establecido); ■ No evaluado

Contaminantes uPBT	CONC-S-2000	CONC-B-mejillón
PBDE28	■	■
PBDE47	■	■
PBDE99	■	■
PBDE100	■	■
PBDE153	■	■
PBDE154	■	■

Metodología de evaluación e indicadores relacionados

La evaluación se basa en la medida de la concentración de polibromodifenil éteres (PBDEs) UPBT conocidos por su riesgo medioambiental.

La evaluación está basada en el análisis de los siguientes indicadores:

- Concentración de polibromodifenil éteres en sedimentos marinos: CONT-PBDE-s.
- Concentración de polibromodifenil éteres en biota marina: CONT-PBDE-b.



Parámetros utilizados

- Concentración en sedimento, fracción inferior a 2000 μm (CONC-S-2000): PBDE28, PBDE47, PBDE99, PBDE100, PBDE153, PBDE154.
- Concentración en biota (CONC-B), mejillón *Mytilus galloprovincialis*: PBDE28, PBDE47, PBDE99, PBDE100, PBDE153, PBDE154.

Valores umbral

Tabla 21. Criterios seleccionados como niveles basales y valores de referencia para la evaluación de compuestos organobromados uPBT en las muestras de sedimento marino y mejillón silvestre del área PC de la DMESAL. Basado en los valores adoptados por el convenio OSPAR: <https://oap.ospar.org/en/ospar-assessments/quality-status-reports/qsr-2023/indicator-assessments/status-and-trends-polybrominated-diphenyl-ethers-pbdes-biota-and/>.

Contaminantes uPBT	Sedimento $\mu\text{g/kg p.s.}$		Mejillón $\mu\text{g/kg lípido}$	
	BAC	FEQG	BAC	FEQG
PBDE28	0,05	110	0,065	2.400
PBDE47	0,05	97,5	0,065	880
PBDE99	0,05	1	0,065	20
PBDE100	0,05	1	0,065	20
PBDE153	0,05	1.100	0,065	80
PBDE154	0,05	1.100	0,065	80

Valores obtenidos para el parámetro

Concentración en sedimento total, fracción inferior a 2 μm (CONC-S-2000): área PC

Los valores medios de concentración de los polibromodifenil éteres uPBT, analizados en sedimento de la demarcación del Estrecho y Alborán, se presentan en la Tabla 22. En la mayoría de los casos, las concentraciones están por debajo del límite de cuantificación.

Tabla 22. Concentraciones de polibromodifenil éteres (PBDEs) uPBT en sedimento marino del área PC de la DMESAL muestreados el año 2015 expresado en $\mu\text{g/kg}$ peso seco. *Límites de cuantificación (PBDE28: 0,02; PBDE47: 0,03; PBDE99: 0,03; PBDE100: 0,02; PBDE153: 0,04; PBDE154: 0,06) expresados en $\mu\text{g/kg p.s.}$

CONC-S-2000	Unidades	Media	SD	Máximo	Mínimo	N
PBDE28	$\mu\text{g/kg p.s.}$	<0,02*	-	<0,02*	<0,02*	12
PBDE47	$\mu\text{g/kg p.s.}$	<0,03*	-	0,05	<0,03*	12
PBDE99	$\mu\text{g/kg p.s.}$	<0,03*	-	0,10	<0,03*	12
PBDE100	$\mu\text{g/kg p.s.}$	<0,02*	-	0,03	<0,02*	12
PBDE153	$\mu\text{g/kg p.s.}$	<0,04*	-	<0,04*	<0,04*	12
PBDE154	$\mu\text{g/kg p.s.}$	<0,06*	-	<0,06*	<0,06*	12



En cuanto al sedimento de la zona próxima a costa, el valor máximo fue registrado para el PBDE99 (0,1 µg/kg p.s.) en Algeciras. Además, todos los demás valores máximos también se observaron en esta localización.

Concentración en biota (CONC-B), mejillón *Mytilus galloprovincialis*: área PC

Los valores medios de concentración de los polibromodifenil éteres uPBT evaluados en mejillón se presentan en la Tabla 23. Se observa que algunos congéneres muestran concentraciones por debajo del límite de cuantificación.

Tabla 23. Concentraciones de polibromodifenil éteres (PBDEs) uPBT en mejillón silvestre del área PC de la DMESAL muestreados el año 2019. *Límite de cuantificación expresados en µg/kg lípido.

CONC-C mejillón	Unidades	Media	SD	Máximo	Mínimo	N
PBDE28	µg/kg lípido	<0,06*	-	<0,06*	<0,06*	4
PBDE47	µg/kg lípido	1,73	0,81	2,51	0,60	4
PBDE99	µg/kg lípido	0,94	0,71	1,59	0,22	4
PBDE100	µg/kg lípido	0,39	0,35	0,71	<0,06*	4
PBDE153	µg/kg lípido	<0,06*	-	0,56	<0,06*	4
PBDE154	µg/kg lípido	<0,06*	0,23	0,96	<0,06*	4

En mejillón, los valores máximos de 5 de los 6 PBDEs evaluados (PBDE28, 47, 99, 100 y 154) se encontraron en Málaga (2,51 µg/kg lípido). La concentración media y el valor máximo correspondieron al PBDE47. La concentración media de la suma de los 6 PBDEs por estaciones mostró que Málaga y Algeciras presentaron los mayores valores de concentración (5,20 y 5,06 µg/kg lípido) seguidas de La Herradura y Manilva (2,48 y 0,99 µg/kg lípido) (Figura 8 y Figura 9).

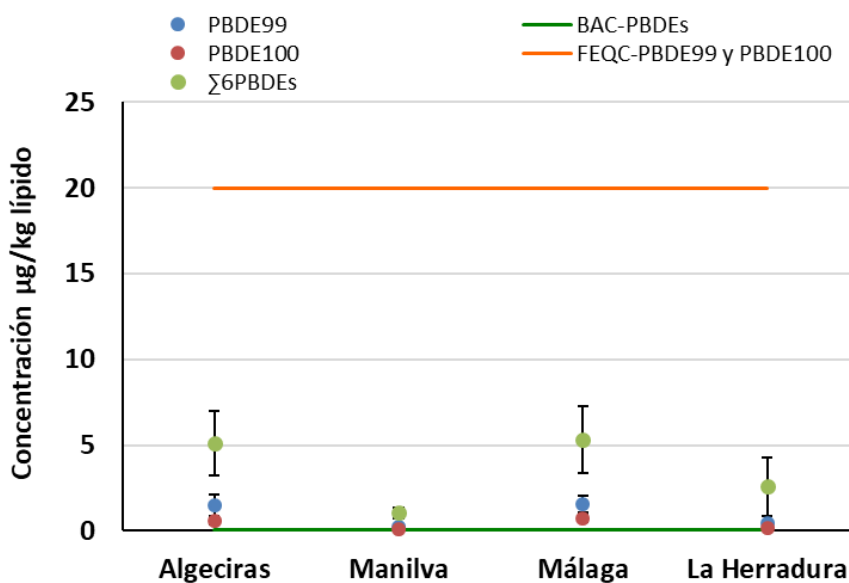


Figura 8. Concentración (valor medio ± desviación estándar) del PBDE99, PBDE100 y el sumatorio de seis PBDEs uPBT en mejillón silvestre del área PC de la DMESAL (µg/kg lípido) muestreados el año 2019, y el valor BAC y FEQG correspondientes.

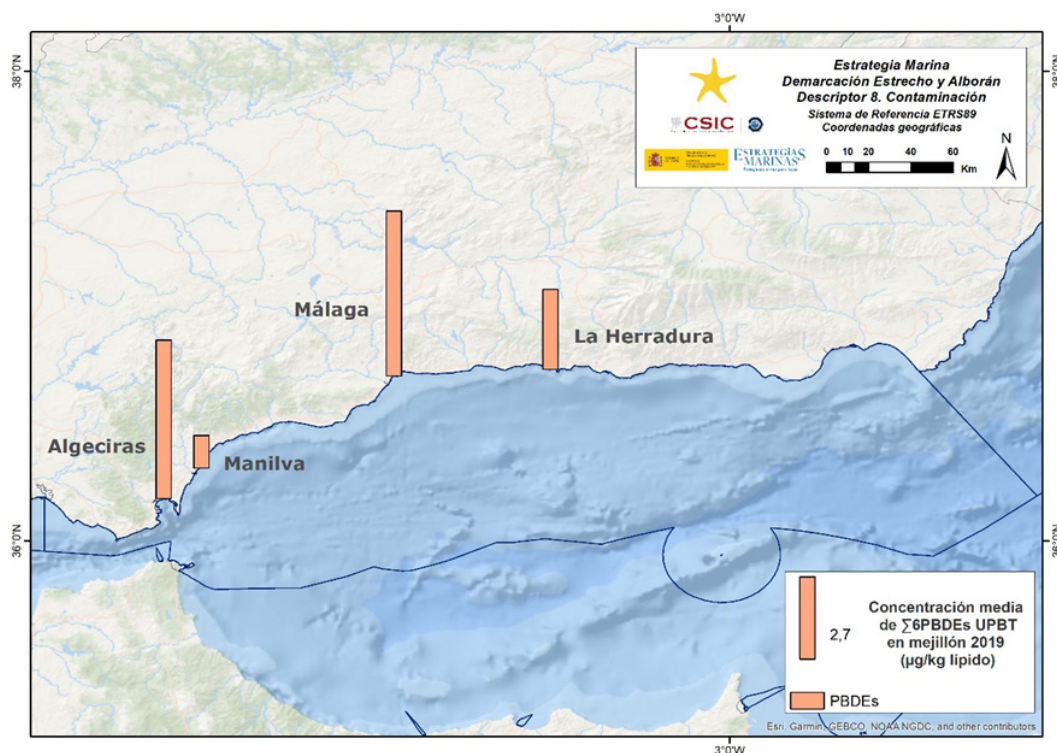


Figura 9. Distribución espacial del valor medio de la concentración del sumatorio de 6 PBDEs uPBT ($\mu\text{g/kg}$ lípido) en mejillón silvestre del área PC de la DMESAL muestreados el año 2019. $\Sigma 6\text{PBDEs}$: PBDE28 + PBDE47 + PBDE99 + PBDE100 + PBDE153 + PBDE154.

Tendencia de los valores obtenidos para el parámetro

Debido a la falta de datos disponibles, actualmente no es posible realizar una evaluación de la tendencia. Este parámetro se incluye por primera vez en una evaluación.

Consecución del parámetro

Tabla 24. Consecución del parámetro en relación con la evaluación de los polibromodifenil éteres (PBDEs) uPBT en las muestras de sedimento marino y mejillón silvestre del área PC de la DMESAL.

■ Sí (≤ 5 % muestras sobrepasan el FEQG); ■ No (> 5 % muestras sobrepasan el FEQG); ■ Desconocido (cuando no existe valor FEQG establecido); ■ No evaluado (no existe un número representativo de muestras para realizar la evaluación).

Contaminantes uPBT	CONC-S-2000	CONC-B mejillón
PBDE28	■	■
PBDE47	■	■
PBDE99	■	■
PBDE100	■	■
PBDE153	■	■
PBDE154	■	■



Las concentraciones de los polibromodifenil éteres uPBT se han clasificado atendiendo a los niveles basales (BAC) y a las concentraciones con efecto potencial (FEQG), como se muestra en la Tabla 25. Se observa que todos los PBDEs evaluados cumplen con el BEA en las dos matrices.

Tabla 25. Porcentaje de muestras del área PC de la DMESAL según los criterios de evaluación propuestos de BAC y EAC para los polibromodifenil éteres uPBT.

	Parámetro	< BAC (%)	>BAC y <FEQG (%)	>FEQG (%)
PBDE28	CONC-S-2000	100	0	0
	CONC-B mejillón	75	25	0
PBDE47	CONC-S-2000	100	0	0
	CONC-B mejillón	0	100	0
PBDE99	CONC-S-2000	91,7	8,3	0
	CONC-B mejillón	0	100	0
PBDE100	CONC-S-2000	100	0	0
	CONC-B mejillón	50	50	0
PBDE153	CONC-S-2000	100	0	0
	CONC-B mejillón	75	25	0
PBDE154	CONC-S-2000	100	0	0
	CONC-B mejillón	50	50	0

5.1.1.3. Organoestánicos: sustancia uPBT

Resultados de la evaluación del tercer ciclo

El resultado de la evaluación de los contaminantes organoestánicos uPBT (catión de tributilestaño) para la demarcación marina del Estrecho y Alborán se resume en la Tabla 26. Se observa que el catión tributilestaño no cumple con el BEA.

Tabla 26. Resultados de la evaluación del tercer ciclo para el catión de tributilestaño uPBT en las muestras de sedimento marino del área PC de la DMESAL.

Estado: ■ Se alcanza el BEA; ■ No se alcanza el BEA; ■ Desconocido (no existe un valor EAC establecido); ■ No evaluado

Contaminantes UPBT	CONC-S-2000
Catión de tributilestaño	



Metodología de evaluación e indicadores relacionados

La evaluación se basa en la medida de un grupo de elementos que cubre el conjunto de componentes/procesos/actividades/presiones que deben ser objeto de seguimiento. En este caso en concreto se centrará en la medida de la concentración de compuestos organoestánicos (OE) UPBT conocidos por su riesgo medioambiental.

La evaluación está basada en el análisis de los siguientes indicadores:

- Concentración de compuestos organoestánicos en sedimento marino: CONT-OE-s.

Parámetros utilizados

- Concentración en sedimento, fracción inferior a 2000 μm (CONC-S-2000): catión de tributilestaño (TBSN+).

Valores umbral

Tabla 27. Criterios seleccionados como niveles basales y valores de referencia para la evaluación del catión de tributilestaño uPBT en las muestras de sedimento marino del área PC de la DMESAL. Convenio OSPAR:

<https://oap.ospar.org/en/ospar-assessments/quality-status-reports/qsr-2023/indicator-assessments/status-trends-organotin-sed/>

Contaminantes UBPT	Sedimento $\mu\text{g/kg p.s.}$	
	BAC	EAC
Catión de tributilestaño	-	0,8

Valores obtenidos para el parámetro

Concentración en sedimento total, fracción inferior a 2 μm (CONC-S-2000): áreas PC

Tabla 28. Concentración del catión de tributilestaño uPBT en sedimento marino del área PC de la DMESAL muestreados los años 2013 y 2015 ($\mu\text{g/kg p.s.}$). *Límite de detección (0,7 $\mu\text{g/kg p.s.}$).

CONC-S-2000	Unidades	Media	SD	Máximo	Mínimo	N
Catión de tributilestaño	$\mu\text{g/kg p.s.}$	5,8	14,4	56,3	<0,7*	17

En relación con el catión de tributilestaño (TBSN+), todas las estaciones mostraron concentraciones por debajo del límite de cuantificación, excepto en Algeciras, donde se registraron valores medios de 29 $\mu\text{g/kg p.s.}$ y un valor máximo de 56,3 $\mu\text{g/kg p.s.}$ (ver Figura 10 y mapa de la Figura 11).

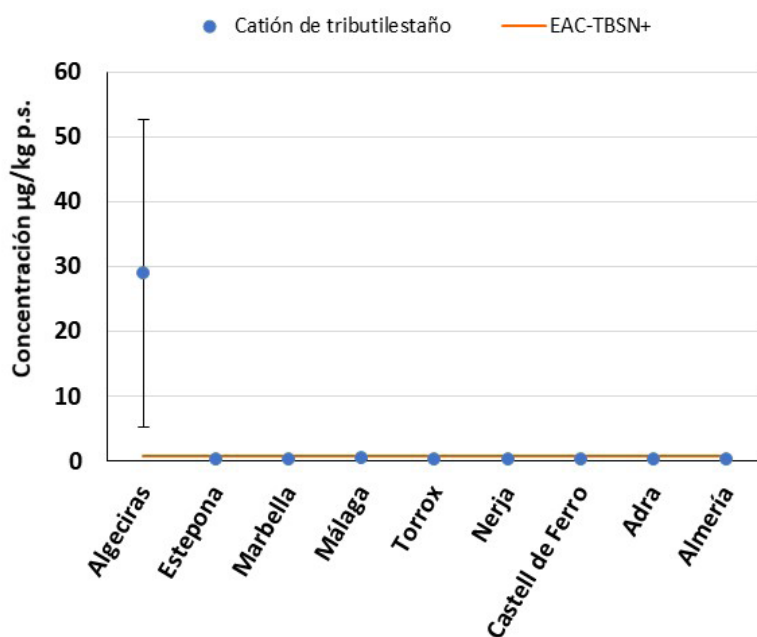


Figura 10. Concentración (valor medio $\pm$ desviación estándar) del catión de tributilestaño uPBT en sedimento marino del área PC de la DMESAL ($\mu\text{g/kg p.s.}$) muestreados los años 2013 y 2015, y el valor establecido EAC por el Convenio OSPAR.

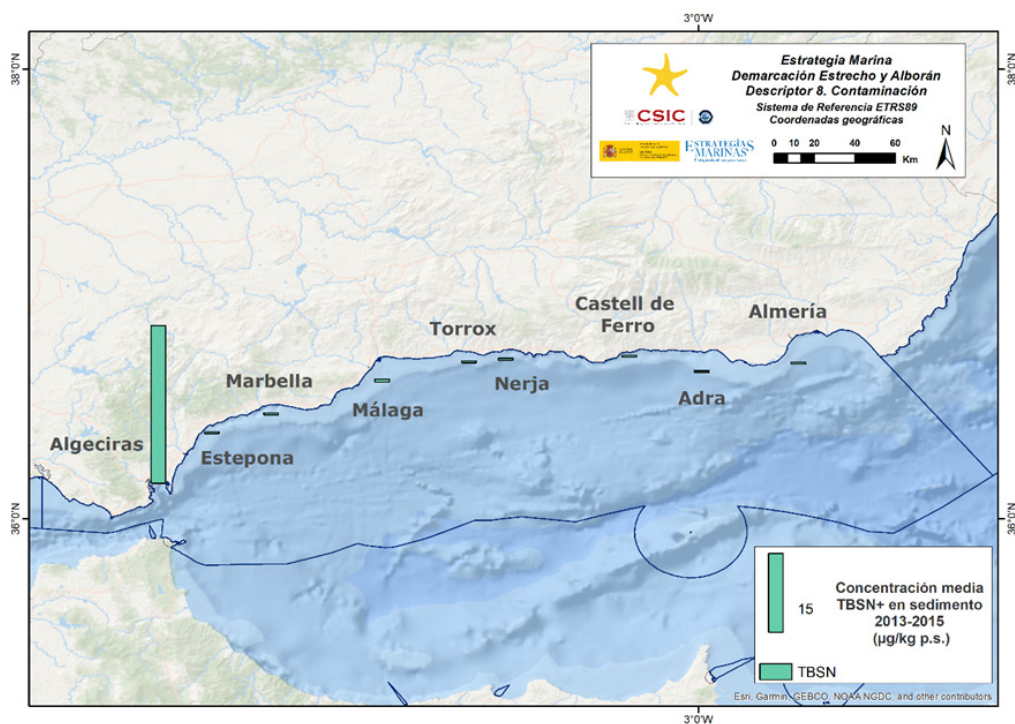


Figura 11. Distribución espacial del valor medio de la concentración del catión de tributilestaño ($\mu\text{g/kg p.s.}$) en sedimento marino del área PC de la DMESAL, muestreados los años 2013 y 2015.



Tendencia de los valores obtenidos para el parámetro

Debido a la falta de datos disponibles, actualmente no es posible realizar una evaluación de la tendencia. Este parámetro se incluye por primera vez en la evaluación.

Consecución del parámetro

Tabla 29. Consecución del parámetro con relación a la evaluación del catión de tributilestaño uPBT en las muestras de sedimento marino del área PC de la DMESAL.

■ Sí (≤ 5 % muestras sobrepasan el EAC); ■ No (> 5 % muestras sobrepasan el EAC); ■ Desconocido (cuando no existe valor EAC establecido); ■ No evaluado (no existe un número representativo de muestras para realizar la evaluación).

Contaminante uPBT	CONC-S-2000
Catión de tributilestaño	

Las concentraciones de los compuestos organoestánicos uPBT se han clasificado según las concentraciones con efecto potencial (EAC) (Tabla 30). En el sedimento se observó que las 3 estaciones muestreadas en Algeciras superaron el valor establecido EAC.

Tabla 30. Porcentaje de muestras del área PC de la DMESAL según el criterio de evaluación propuesto EAC para el catión de tributilestaño uPBT.

CONC-S-2000	> EAC (%)
Catión de tributilestaño	18,5

5.1.1.4. Hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAHs): sustancias uPBT

Resultados de la evaluación del tercer ciclo

El resultado de la evaluación de los hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAHs) uPBT (benzo(b)fluoranteno, benzo(k)fluoranteno, benzo(a)pireno, benzo(g,h,i)perileno e indeno(c,d)pireno) para el área PC de la demarcación marina del Estrecho y Alborán se resume en la Tabla 31. Los compuestos evaluados en mejillón cumplen con el BEA, mientras que en sedimento no es así.

Tabla 31. Resultados de la evaluación del tercer ciclo para los hidrocarburos aromáticos policíclicos uPBT en las muestras de sedimento marino y mejillón silvestre del área PC de la DMESAL.

Estado: ■ Se alcanza el BEA; ■ No se alcanza el BEA; ■ Desconocido (no existe un valor EAC establecido); ■ No evaluado

Contaminantes uPBT	CONC-S-2000	CONC-B mejillón
Benzo(b)fluoranteno		
Benzo(k)fluoranteno		
Benzo(a)pireno		
Benzo(g,h,i)perileno		
Indeno(c,d)pireno		



Metodología de evaluación e indicadores relacionados

La evaluación se basa en la medida de la concentración de hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAHs) UPBT conocidos por su riesgo medioambiental.

La evaluación está basada en el análisis de los siguientes indicadores:

- Concentración de hidrocarburos aromáticos policíclicos en sedimentos marinos: CONT-PAH-s.
- Concentración de hidrocarburos aromáticos policíclicos en biota marina: CONT-PAH-b.

Parámetros utilizados

- Concentración en sedimento, fracción inferior a 2000 μm (CONC-S-2000): benzo(b)fluoranteno, benzo(k)fluoranteno, benzo(a)pireno, benzo(g,h,i)perileno, indeno(c,d)pireno.
- Concentración en biota (CONC-B), mejillón *Mytilus galloprovincialis*: benzo(b)fluoranteno, benzo(k)fluoranteno, benzo(a)pireno, benzo(g,h,i)perileno, indeno(c,d)pireno.

Valores umbral

Tabla 32. Criterios seleccionados como niveles basales y valores de referencia para la evaluación de hidrocarburos aromáticos policíclicos uPBT en las muestras de sedimento marino y mejillón silvestre del área PC de la DMESAL. *UNEP/MED WG.563/7. Niveles EAC en el Mediterráneo para hidrocarburos aromáticos policíclicos basados en sus respectivos valores adoptados por el convenio OSPAR. # El valor original, en $\mu\text{g/kg p.s.}$, ha sido transformado a peso húmedo utilizando una relación de liofilización de 5. ^a Real Decreto 817/2015, de 11 de septiembre, por el que se establecen los criterios de seguimiento y evaluación del estado de las aguas superficiales y las normas de calidad ambiental (NCA), la NCA de la biota se refiere a crustáceos y moluscos. Para la evaluación del benzo(a)pireno en mejillón se ha utilizado el valor NCA por ser más restrictivo que el EAC.

Contaminantes uPBT	Sedimento $\mu\text{g/kg p.s.}$		Mejillón $\mu\text{g/kg p.h.}$	
	BAC*	EAC*	BAC*	EAC**/NCA ^a
Benzo(b)fluoranteno	13	-	-	-
Benzo(k)fluoranteno	-	-	0,2	52
Benzo(a)pireno	8,2	430	0,3	120/5 ^a
Benzo(g,h,i)perileno	6,3	85	0,2	22
Indeno(c,d)pireno	15	240	0,1	-



Valores obtenidos para el parámetro

Concentración en sedimento total, fracción inferior a 2 µm (CONC-S-2000): área PC

Tabla 33. Concentraciones de hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAHs) uPBT en sedimento marino del área PC de la DMESAL muestreados los años 2013 y 2015 expresado en µg/kg peso seco. *Límites de cuantificación (benzo(k)fluoranteno 0,9; benzo(a)pireno 1,2; benzo(g,h,i)perileno 1,5; indeno(c,d)pireno 1,2) expresados en µg/kg p.s.

CONC-S-2000	Unidades	Media	SD	Máximo	Mínimo	N
Benzo(b)fluoranteno	µg/kg p.s.	97,8	193,5	718,9	<0,9*	18
Benzo(k)fluoranteno	µg/kg p.s.	43,1	104,3	394,2	<0,9*	18
Benzo(a)pireno	µg/kg p.s.	121,9	293,1	1.081,8	<1,2*	18
Benzo(g,h,i)perileno	µg/kg p.s.	83,2	196,3	720,7	<1,5*	18
Indeno(c,d)pireno	µg/kg p.s.	85,1	197,5	715,6	<1,2*	18

Las concentraciones más altas se encontraron en Algeciras, siendo en benzo(a)pireno el que presentó tanto la concentración media (121,9 µg/kg p.s.) como el valor máximo más alto registrado (1.081,8 µg/kg p.s.). La distribución espacial, de estos contaminantes, a lo largo de la demarcación se representan en las Figura 12, Figura 13 y Figura 14.

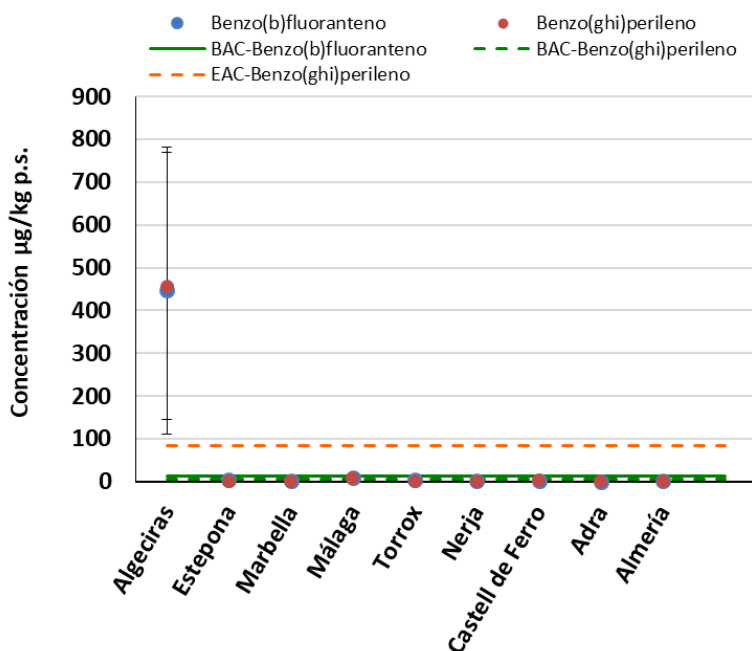


Figura 12. Concentración (valor medio ± desviación estándar) de benzo(b)fluoranteno y benzo(g,h,i)perileno en sedimento marino del área PC de la DMESAL (µg/kg p.s.) muestreados los años 2013 y 2015, y los valores EAC para benzo(b)fluoranteno y benzo(g,h,i)perileno y BAC para benzo(g,h,i)perileno.

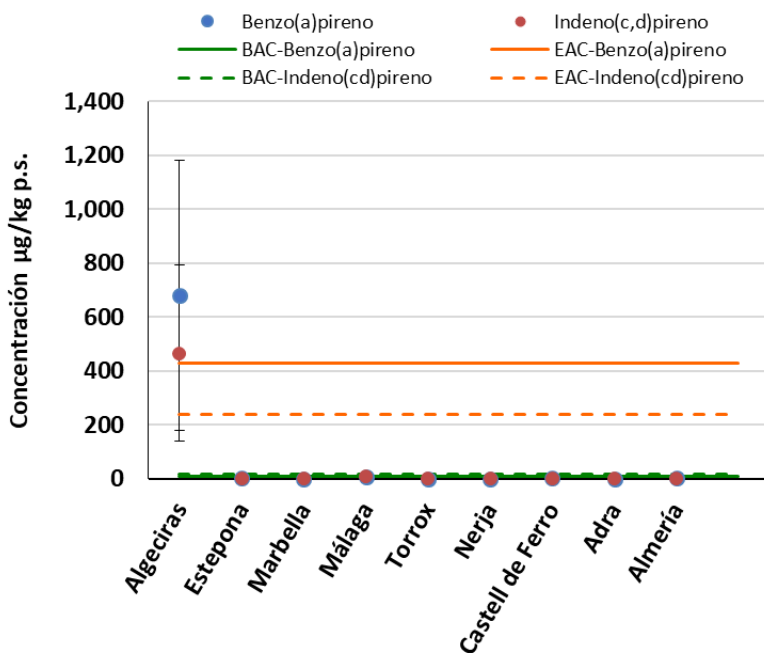


Figura 13. Concentración (valor medio $\pm$ desviación estándar) de benzo(a)pireno e indeno(c,d)pireno en sedimento marino del área PC de la DMESAL ($\mu\text{g/kg p.s.}$) muestreados los años 2013 y 2015, y los valores EAC y BAC para ambos.

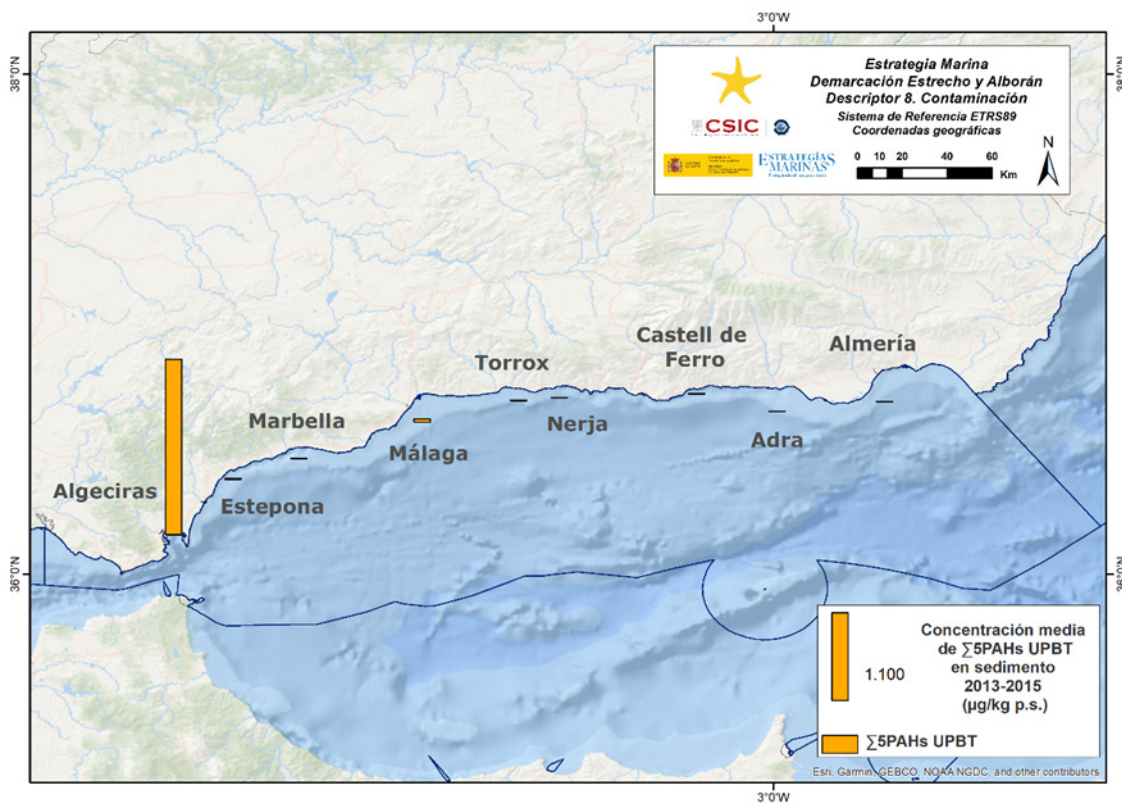


Figura 14. Distribución espacial del valor medio de la concentración del sumatorio de 5 PAHs uPBT ($\mu\text{g/kg p.s.}$) en sedimento marino del área PC de la DMESAL muestreados los años 2013 y 2015. $\Sigma 5\text{PAHs}$: benzo(b)fluoranteno + benzo(k)fluoranteno + benzo(a)pireno + benzo(g,h,i)perileno + indeno(c,d)pireno.



Concentración en biota (CONC-B), mejillón *Mytilus galloprovincialis*: área PC

Los valores medios de concentración de los hidrocarburos aromáticos policíclicos uPBT evaluados en mejillón se presentan en la Tabla 34. Se observa que muchos de los congéneres muestran concentraciones por debajo del límite de cuantificación.

Tabla 34. Concentraciones de hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAHs) uPBT en mejillón silvestre del área PC de la DMESAL muestreados el año 2019 ($\mu\text{g/kg p.h.}$). *Límite de cuantificación expresado en $\mu\text{g/kg p.h.}$

CONC-B mejillón	Unidades	Media	SD	Máximo	Mínimo	N
Benzo(b)fluoranteno	$\mu\text{g/kg p.h.}$	0,13	0,09	0,26	<0,12*	4
Benzo(k)fluoranteno	$\mu\text{g/kg p.h.}$	<0,15*	-	<0,15*	<0,15*	4
Benzo(a)pireno	$\mu\text{g/kg p.h.}$	<0,14*	-	<0,14*	<0,14*	4
Benzo(g,h,i)perileno	$\mu\text{g/kg p.h.}$	<0,52*	-	<0,52*	<0,52*	4
Indeno(c,d)pireno	$\mu\text{g/kg p.h.}$	<0,60*	-	<0,60*	<0,60*	4

En mejillón, la distribución espacial a lo largo de la demarcación muestra que Algeciras, donde se encuentra el principal puerto de la demarcación, es la zona más impactada y presenta concentraciones más altas (Figura 15 y Figura 16).

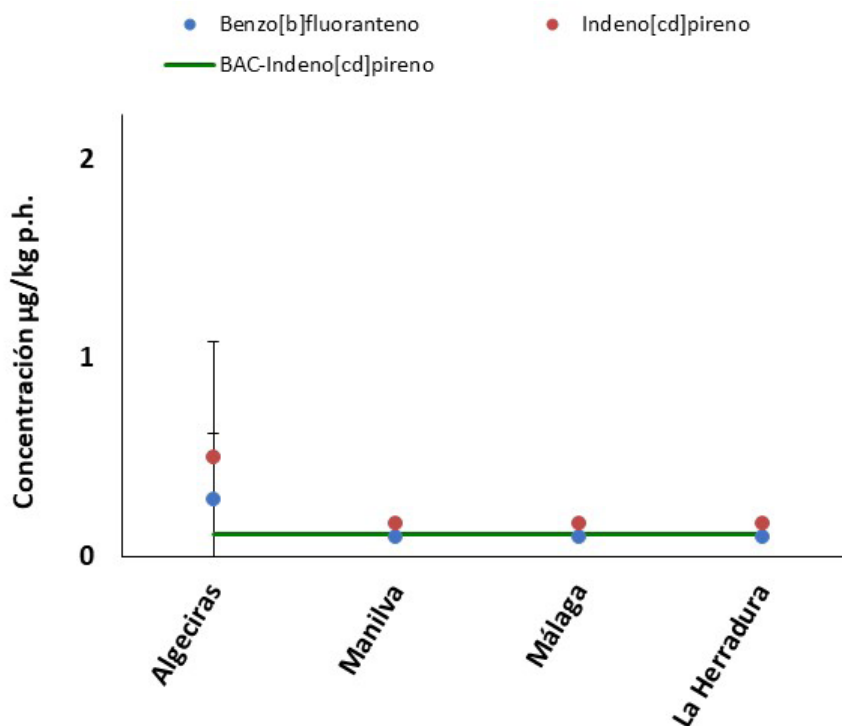


Figura 15. Concentración (valor medio $\pm$ desviación estándar) de benzo[b]fluoranteno e indeno[1,2,3-cd]pireno en mejillón silvestre del 2019 del área PC de la DMESAL ($\mu\text{g/kg p.h.}$) muestreados el año 2019, y el valor BAC para el indeno[1,2,3-cd]pireno.

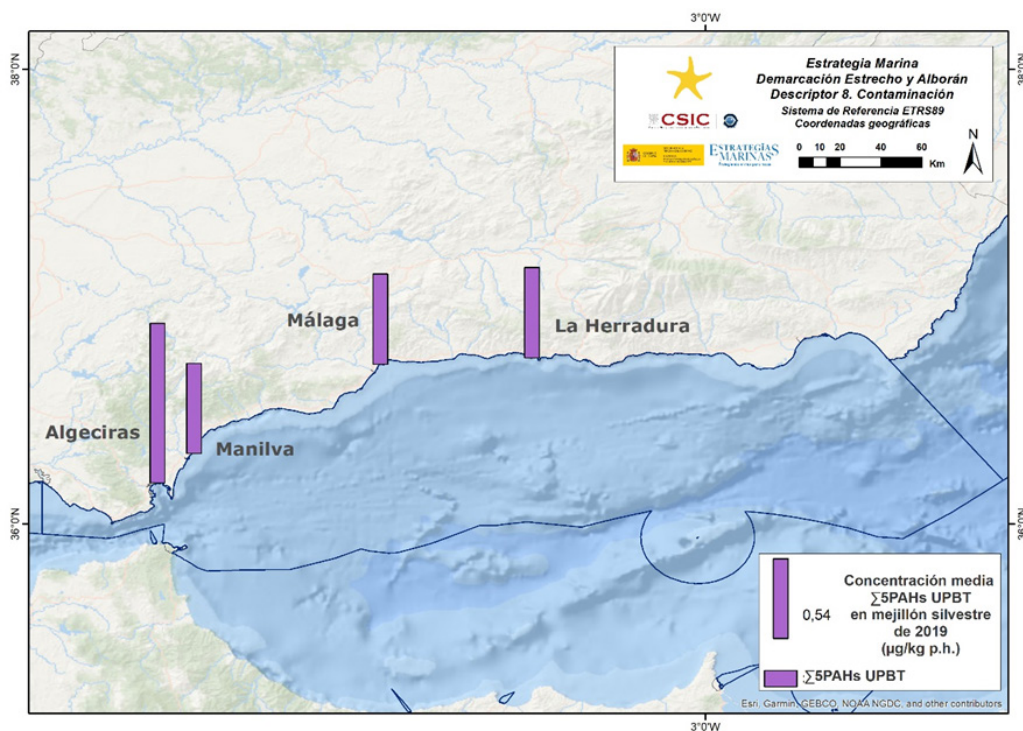


Figura 16. Distribución espacial del valor medio de la concentración del sumatorio de 5 PAHs uPBT ($\mu\text{g/kg p.h.}$) en mejillón silvestre del área PC de la DMESAL muestreados el año 2019. $\Sigma 5\text{PAHs}$: benzo(b)fluoranteno + benzo(k)fluoranteno + benzo(a)pireno + benzo(g,h,i)perileno + indeno(1,2,3-c,d)pireno.

Tendencia de los valores obtenidos para el parámetro

La tendencia de la concentración de los hidrocarburos aromáticos policíclicos uPBT se ha evaluado en mejillón. Del análisis se observa que, excepto para el benzo(g,h,i)perileno, todas las estaciones presentan estabilidad, y en el caso de Algeciras, se evidencia una clara mejora para casi todos los analitos.

Tabla 35. Tendencias temporales en mejillón silvestre del área PC de la DMESAL para los hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAHs) uPBT. $\leftrightarrow$ Estable; $\nearrow$ Mejora; $\searrow$ En deterioro; n.r. no relevante; ? Desconocido.

Estación	B[b]f	B[k]f	B[a]p	B[ghi]p	I[cd]p	Años muestreados	Primer año	Último año
Algeciras	$\nearrow$	$\nearrow$	$\nearrow$	$\nearrow$	$\leftrightarrow$	10	2008	2019
Manilva	$\leftrightarrow$	$\leftrightarrow$	$\leftrightarrow$	$\searrow$	$\leftrightarrow$	10	2008	2019
Málaga	$\leftrightarrow$	$\leftrightarrow$	$\leftrightarrow$	$\leftrightarrow$	$\leftrightarrow$	9	2008	2019
La Herradura	$\leftrightarrow$	$\leftrightarrow$	$\leftrightarrow$	$\leftrightarrow$	$\leftrightarrow$	8	2008	2019



Consecución del parámetro

Tabla 36. Consecución del parámetro en relación con la evaluación de los hidrocarburos aromáticos policíclicos uPBT en las muestras de sedimento marino y mejillón silvestre del área PC de la DMESAL.

■ Sí (≤ 5 % muestras sobrepasan el EAC); ■ No (> 5 % muestras sobrepasan el EAC); ■ Desconocido (cuando no existe valor EAC establecido); ■ No evaluado (no existe un número representativo de muestras para realizar la evaluación).

Contaminantes uPBT	CONC-S-2000	CONC-B mejillón
Benzo(b)fluoranteno	■	■
Benzo(k)fluoranteno	■	■
Benzo(a)pireno	■	■
Benzo(g,h,i)perileno	■	■
Indeno(c,d)pireno	■	■

Las concentraciones de los hidrocarburos aromáticos policíclicos uPBT se han clasificado atendiendo a los niveles basales (BAC) y a las concentraciones con efecto potencial (EAC), como se muestra en la Tabla 37. En la demarcación Estrecho y Alborán la matriz mejillón cumple el BEA para los 3 contaminantes evaluados, mientras que en sedimento no se cumple.

Tabla 37. Porcentaje de muestras del área PC de la DMESAL según los criterios de evaluación propuestos de BAC y EAC para los hidrocarburos aromáticos policíclicos uPBT. *No existe valor EAC establecido. ⊗ No existe el BAC establecido.

	Parámetro	< BAC (%)	>BAC y <EAC (%)	>EAC/NCA (%)
Benzo(b)fluoranteno	CONC-S-2000	100	-	-
	CONC-B mejillón	-	-⊗	-*
Benzo(k)fluoranteno	CONC-S-2000	-	-	-
	CONC-B mejillón	100	0	0
Benzo(a)pireno	CONC-S-2000	77,8	5,6	16,6
	CONC-B mejillón	100	0	0
Benzo(g,h,i)perileno	CONC-S-2000	72,2	11,1	16,7
	CONC-B mejillón	100	0	0
Indeno(c,d)pireno	CONC-S-2000	77,8	5,6	16,6
	CONC-B mejillón	75	25	-*



5.1.1.5. Mercurio: sustancia UPBT

Resultados de la evaluación del tercer ciclo

El resultado de la evaluación del mercurio uPBT para el área próxima a costa (PC) de la demarcación marina del Estrecho y Alborán se resume en la Tabla 38, y muestra como aproximadamente el 66 % se encuentra en buen estado.

Tabla 38. Resultados de la evaluación del tercer ciclo para el mercurio uPBT en las muestras de sedimento marino, mejillón silvestre y salmónete de fango del área PC de la DMESAL.

Estado: ■ Se alcanza el BEA; ■ No se alcanza el BEA; ■ Desconocido (evaluación no concluyente); ■ No evaluado

Contaminante uPBT	CONC-S-2000	CONC-B mejillón	CONC-B-MU salmonete
Mercurio	■	■	■

Metodología de evaluación e indicadores relacionados

La evaluación se basa en la medida de la concentración mercurio conocidos por su riesgo medioambiental.

La evaluación está basada en el análisis de los siguientes indicadores:

- Concentración de metales en sedimentos: CONT-MET-s.
- Concentración de metales en biota: CONT-MET-b.

Parámetros utilizados

- Concentración en sedimento, fracción inferior a 2000 μm (CONC-S-2000): mercurio.
- Concentración en biota (CONC-B), mejillón *Mytilus galloprovincialis*: mercurio.
- Concentración en biota (CONC-B-MU), músculo de salmonete *Mullus barbatus*: mercurio.

Valores umbral

Los valores de referencia se muestran en la Tabla 39. En el caso de los valores umbrales para peces existen dos criterios disponibles, uno derivado del consumo humano (EAC) y otro derivado de la DMA (NCA).



Tabla 39. Criterios seleccionados como niveles basales y valores de referencia para la evaluación de mercurio uPBT en las muestras de sedimento marino, mejillón silvestre y salmonete de fango del área PC de la DMESAL. *Criterio de evaluación basal. BCx1,5 (Metodología MEDPOL) donde BC es un valor propuesto por MEDPOL (UNEP/MAP, 2011; Angelidis et al., 2011). Media sedimentos profundos literatura científica. Y en el caso de biota es el percentil 90 en estaciones de referencia del mediterráneo español (UNEP/MAP/MEDPOL 2015). **Concentración máxima permitida para consumo humano. Reglamento (CE) Nº 1881/2006 ***Percentil 10 inferior de datos de concentración en sedimento asociados a efectos biológicos (Long et al., 1995). ^a Real Decreto 817/2015, de 11 de septiembre, por el que se establecen los criterios de seguimiento y evaluación del estado de las aguas superficiales y las normas de calidad ambiental (NCA), la NCA de la biota se refiere a peces. El valor original, en peso húmedo, ha sido transformado utilizando la relación de liofilización media de los organismos analizados (4,15).

Contaminantes uPBT	Sedimento µg/kg p.s.		Mejillón mg/kg p.s.		Salmonete mg/kg p.s.	
	BAC*	ERL***	BAC*	EAC**	BAC*	NCA ^a
Mercurio	45	150	0,188	2,5	0,600	0,083

Valores obtenidos para el parámetro

Concentración en sedimento total, fracción inferior a 2 µm (CONC-S-2000): área PC

Tabla 40. Concentraciones de mercurio uPBT en sedimento marino del área PC de la DMESAL muestreados los años 2013 y 2015, expresado en µg/kg peso seco.

CONC-S-2000	Unidades	Media	SD	Máximo	Mínimo	N
Mercurio	µg/kg p.s.	95,1	40,8	201	27,5	46

En sedimento, ninguno de los valores promedio de las 6 áreas analizadas en esta demarcación supera el valor establecido como ERL (150 µg/kg p.s.). Sin embargo, 4 de las muestras de la zona de Algeciras y una de Almería superan este valor. Es importante destacar que áreas como Marbella, Torrox o Cabo de Gata presentan valores iguales o inferiores al BAC. El resto de áreas se sitúan entre valores de BAC y ERL (Figura 17). La distribución espacial de las concentraciones medias para el mercurio se puede consultar en la Figura 18.

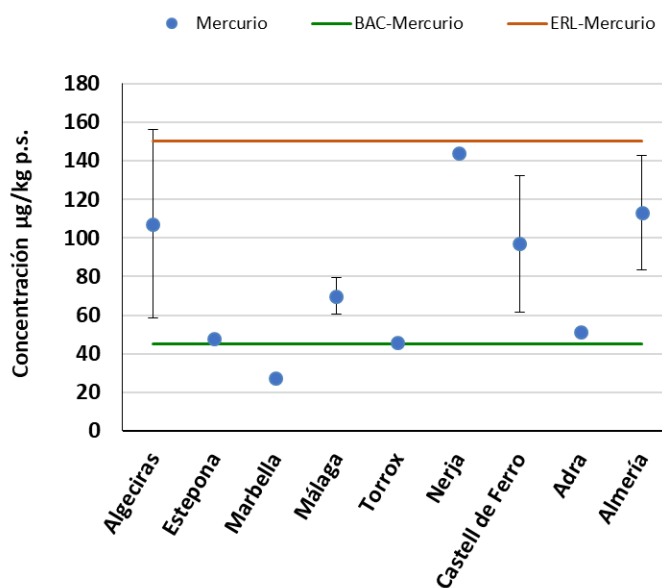


Figura 17. Concentración (valor medio ± desviación estándar) de mercurio uPBT en sedimento marino del área PC de la DMESAL (µg/kg p.s.) muestreados los años 2013 y 2015, y el valor BAC y ERL.

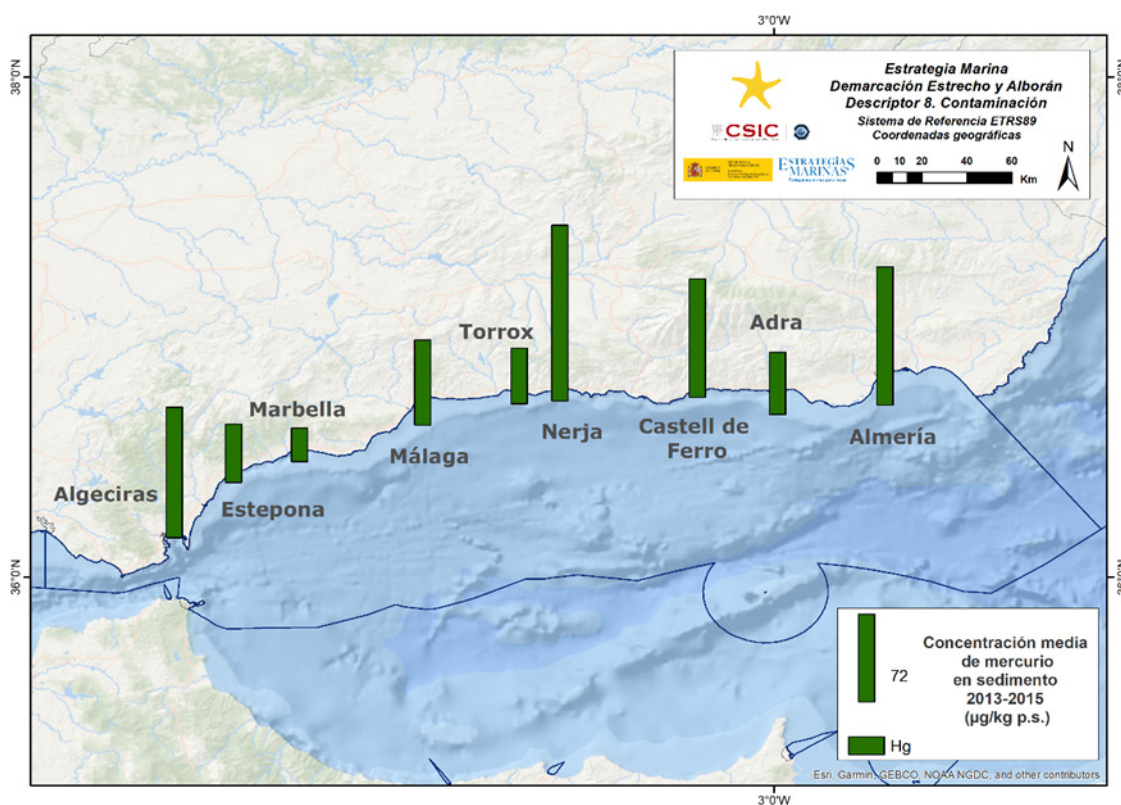


Figura 18. Distribución espacial del valor medio de la concentración de mercurio ($\mu\text{g/kg p.s.}$) en sedimento marino del área PC de la DME-SAL muestreados los años 2013 y 2015.

Concentración en biota (CONC-B), mejillón *Mytilus galloprovincialis*: área PC

Tabla 41. Concentraciones de mercurio uPBT en mejillón silvestre del área PC de la DMESAL muestreados el año 2019 (mg/kg p.s.).

CONC-B mejillón	Unidades	Media	SD	Máximo	Mínimo	N
Mercurio	mg/kg p.s.	0,080	0,042	0,154	0,036	12

En mejillón, los valores más bajos de mercurio se encontraron en Algeciras ($0,046 \text{ mg/kg p.s.}$) y los más altos en La Herradura ($0,144 \text{ mg/kg p.s.}$). Sin embargo, todos los valores de esta demarcación se encuentran por debajo del BAC ($0,188 \text{ mg/kg p.s.}$) (ver Figura 19).

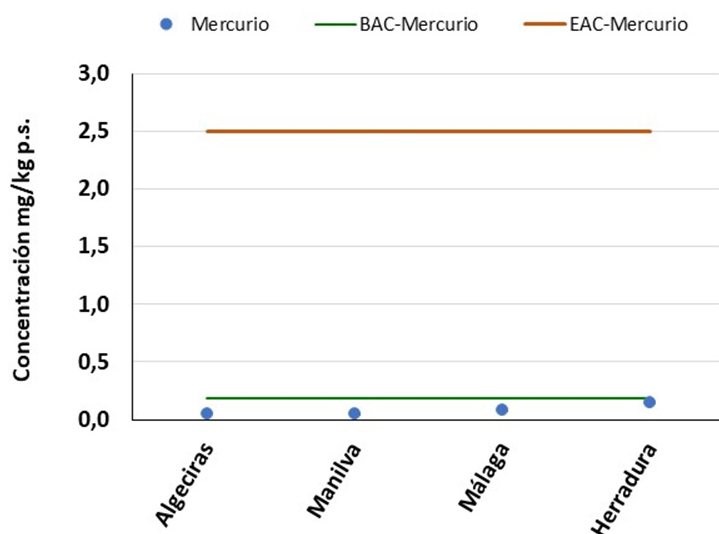


Figura 19. Concentración (valor medio $\pm$ desviación estándar) de mercurio uPBT en mejillón silvestre del área PC de la DMESAL (mg/kg p.s.) muestreados el año 2019, y el valor BAC y EAC para este mismo elemento.

Concentración en biota (CONC-B-MU), músculo de salmonete *Mullus barbatus*: área PC

Tabla 42. Concentraciones de mercurio uPBT en salmonete de fango del área PC de la DMESAL muestreados el año 2015 (mg/kg p.s.).

CONC-B-MU salmonete	Unidades	Media	SD	Máximo	Mínimo	N
Mercurio	mg/kg p.s.	0,391	0,157	0,783	0,189	36

En la matriz salmonete, la estación con valores más altos de mercurio fue Castell de Ferro (0,5 mg/kg p.s.) mientras que Málaga presentó los valores más bajos (0,291 mg/kg p.s.). La mayoría de las concentraciones están por debajo del valor BAC (0,6 mg/kg p.s.) establecido por MEDPOL. Sin embargo, si atendemos al valor umbral de mercurio derivado de la Directiva Marco del Agua (NCA) cuyo valor es 0,083 mg/kg p.s., todas las estaciones superan este valor umbral (Figura 20).

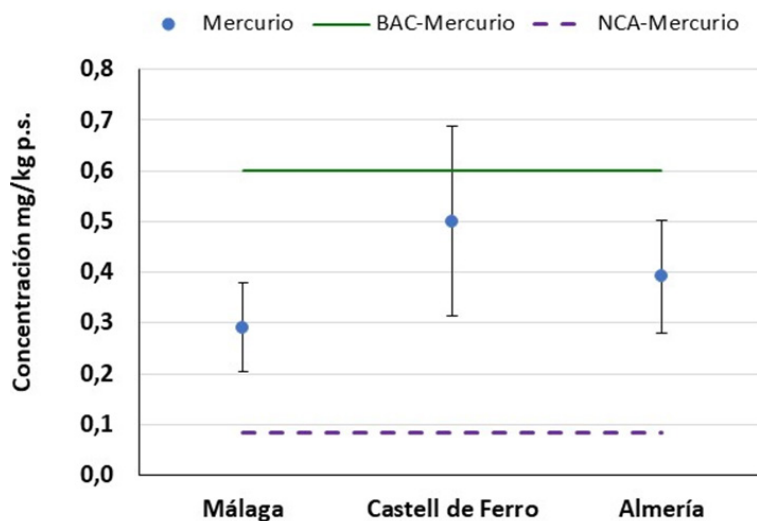


Figura 20. Concentración (valor medio $\pm$ desviación estándar) de mercurio uPBT en salmonete de fango del área PC de la DMESAL (mg/kg p.s.) muestreados el año 2015, y el valor BAC, EAC y NCA para este mismo elemento.



Tendencia de los valores obtenidos para el parámetro

Del análisis se puede ver que ha habido una mejora estadísticamente significativa en cuanto a los niveles de mercurio en mejillón en las estaciones de Algeciras, Manilva y Málaga. Sin embargo, no es posible observar ninguna tendencia estadísticamente significativa en La Herradura, donde se observa cierta estabilidad.

Tabla 43. Tendencias temporales en mejillón silvestre del área PC de la DMESAL para el mercurio uPBT. ↔ Estable; ↗ Mejora; ↘ En deterioro; n.r. no relevante; ¿? Desconocido

Estación	Mercurio	Años muestreados	Primer año	Último año
Algeciras	↗	10	2008	2019
Manilva	↗	10	2008	2019
Málaga	↗	9	2008	2019
La Herradura	↔	8	2008	2019

Consecución del parámetro

Tabla 44. Consecución del parámetro en relación con la evaluación del mercurio uPBT en las muestras de sedimento marino, mejillón silvestre y salmonete de fango del área PC de la DMESAL.

■ Sí (≤5 % muestras sobrepasan el EAC); ■ No (>5 % muestras sobrepasan el EAC); ■ Desconocido (cuando no existe valor EAC establecido); ■ No evaluado (no existe un número representativo de muestras para realizar la evaluación).

Contaminantes uPBT	CONC-S-2000	CONC-B mejillón	CONC-B-MU salmonete
Mercurio	■	■	■

Las concentraciones de mercurio se han clasificado atendiendo a los niveles basales (BAC) y las concentraciones con efecto potencial (EAC/NCA para organismos y ERL para sedimento) (ver Tabla 45). En sedimento, en la estación de Algeciras, 4 de las 15 muestras exceden el valor establecido ERL, y 1 de las 10 muestras de la estación de Almería también lo sobrepasa. A nivel de demarcación, esto supone un 11 % de las muestras por encima del ERL, no cumpliendo con el valor umbral. Por otro lado, en el caso del mejillón, todas las muestras se encuentran por debajo del BAC. Finalmente, en cuanto al salmonete, un 100 % de las muestras superan el NCA establecido en la DMA para peces, incumpliendo el valor umbral.

Tabla 45. Porcentaje de muestras del área PC de la DMESAL según los criterios de evaluación propuestos de BAC y EAC/ERL/NCA para el mercurio uPBT.

Parámetro		< BAC (%)	>BAC y <EAC/ERL (%)	>EAC/ERL (%)
Mercurio	CONC-S-2000	4	85	11
	CONC-B mejillón	100	0	0
		< NCA (%)		> NCA (%)
	CONC-B-MU salmonete	0		100



5.1.2. Evaluación por elemento y criterio a nivel de demarcación marina: D8C1. Sustancias no uPBT

Área de evaluación

Zona próxima a costa de la demarcación marina del Estrecho y Alborán (MWE-ES-SD-ESAL-PC).

5.1.2.1. Organoclorados: sustancias no UPBT

Resultados de la evaluación del tercer ciclo

El resultado de la evaluación de los contaminantes organoclorados no uPBT para el área próxima a costa (PC) de la demarcación marina del Estrecho y Alborán se resume a continuación, y muestra como aproximadamente el 89 % se encuentra en buen estado.

*Tabla 46. Resultados de la evaluación del tercer ciclo para los contaminantes organoclorados no uPBT en las muestras de sedimento marino, mejillón silvestre y salmonete de fango del área PC de la DMESAL. * $\sum 7\text{PCBs}$ ICES: PCB28 + PCB52 + PCB101 + PCB118 + PCB138 + PCB153 + PCB180.*

Estado: ■ Se alcanza el BEA; ■ No se alcanza el BEA; ■ Desconocido (no existe un valor EAC establecido); ■ No evaluado

Contaminantes no uPBT	CONC-S-2000	CONC-B mejillón	CONC-B-MU salmonete
PCB28	■	■	■
PCB52	■	■	■
PCB101	■	■	■
PCB138	■	■	■
PCB153	■	■	■
PCB180	■	■	■
* $\sum 7\text{PCBs}$ ICES	■	■	■
α -HCH	■	■	■
Lindano (γ -HCH)	■	■	■
HCB	■	■	■
Aldrín	■	■	■
Isodrin	■	■	■
Dieldrin	■	■	■
Endrin	■	■	■
<i>p,p'</i> -DDE	■	■	■
<i>p,p'</i> -DDD	■	■	■
<i>p,p'</i> -DDT	■	■	■
<i>o,p'</i> -DDT	■	■	■



Metodología de evaluación e indicadores relacionados

La evaluación se basa en la medida de contaminantes organoclorados (PCBs) no uPBT conocidos por su riesgo medioambiental.

La evaluación está basada en el análisis de los siguientes indicadores:

- Concentración de organoclorados en sedimentos marinos: CONT-PCB-s.
- Concentración de organoclorados en biota marina: CONT-PCB-b.

Parámetros utilizados

- Concentración en sedimento, fracción inferior a 2000 μm (CONC-S-2000): PCB28, PCB52, PCB101, PCB138, PCB180, $\Sigma 7\text{PCBs}$ ICES, $\alpha\text{-HCH}$, lindano, HCB, aldrín, isodrin, dieldrín, endrín, p,p' -DDE, p,p' -DDD, p,p' -DDT y o,p' -DDT.
- Concentración en biota (CONC-B), mejillón *Mytilus galloprovincialis*: PCB28, PCB52, PCB101, PCB138, PCB180, $\Sigma 7\text{PCBs}$ ICES, $\alpha\text{-HCH}$, lindano, HCB, aldrín, isodrin, dieldrín, endrín, p,p' -DDE, p,p' -DDD, p,p' -DDT y o,p' -DDT.
- Concentración en biota (CONC-B-MU), músculo de salmonete *Mullus barbatus*: PCB28, PCB52, PCB101, PCB138, PCB180, $\Sigma 7\text{PCBs}$ ICES, $\alpha\text{-HCH}$, lindano, HCB, aldrín, isodrin, dieldrín, endrín, p,p' -DDE, p,p' -DDD, p,p' -DDT y o,p' -DDT.

Valores umbral

Tabla 47. Criterios seleccionados como niveles basales y valores de referencia para la evaluación de compuestos organoclorados no UPBT en las muestras de sedimento marino, mejillón silvestre y salmonete de fango del área PC de la DMESAL. * Decisión IG. 22/7 e IG. 23/6 del IMAP: Niveles EAC en el Mediterráneo para compuestos organoclorados basados en sus respectivos valores adoptados por el convenio OSPAR. ** UNEP/MED WG.533/3: Niveles BAC para el Mediterráneo. $\Sigma 7\text{PCBs}$ ICES: PCB28 + PCB52 + PCB101 + PCB118 + PCB138 + PCB153 + PCB180. * El valor original, en $\mu\text{g/kg p.s.}$, ha sido transformado utilizando una relación de liofilización de 5. ^a Real Decreto 817/2015, de 11 de septiembre, por el que se establecen los criterios de seguimiento y evaluación del estado de las aguas superficiales y las normas de calidad ambiental (NCA), la NCA de la biota se refiere a peces.

Contaminantes NO UBPT	Sedimento $\mu\text{g/kg p.s.}$		Mejillón $\mu\text{g/kg p.h.}$		Salmonete $\mu\text{g/kg lípido}$	
	BAC**	EAC*	BAC**	EAC**	BAC**	EAC*/NCA a
PCB28	-	1,7	0,014	0,64	-	64
PCB52	0,1	2,7	0,06	1,1	-	108
PCB101	0,16	3,0	0,22	1,2	-	120
PCB138	0,26	7,9	0,48	3,2	-	316
PCB153	0,40	40	0,92	16	-	1.600
PCB180	0,13	12	0,06	4,8	-	480
$\Sigma 7\text{PCBs}$ ICES	1,6	11,5	5,72	-	-	-
Lindano ($\gamma\text{-HCH}$)	-	3,0	-	0,29	-	11 ($\mu\text{g/kg p.h.}$)
HCB	-	20	-	-	-	10 a ($\mu\text{g/kg p.h.}$)
Dieldrín	-	2,0	-	2	-	-
p,p' -DDE	0,23	2,2	0,61	2	-	-



Valores obtenidos para el parámetro

Concentración en sedimento total, fracción inferior a 2 µm (CONC-S-2000): área PC

Tabla 48. Concentraciones de contaminantes organoclorados no uPBT en sedimento marino del área PC de la DMESAL muestreados los años 2013 y 2015 expresado en µg/kg peso seco. *Límite de cuantificación (0,03 µg/kg p.s.). # Σ7PCBs ICES: PCB28 + PCB52 + PCB101 + PCB118 + PCB138 + PCB153 + PCB180.

CONC-S-2000	Unidades	Media	SD	Máximo	Mínimo	N
PCB28	µg/kg p.s.	0,07	0,06	0,21	<0,03*	17
PCB52	µg/kg p.s.	0,05	0,07	0,26	<0,03*	17
PCB101	µg/kg p.s.	0,20	0,4	1,46	<0,03*	17
PCB138	µg/kg p.s.	1,0	1,94	6,18	<0,03*	17
PCB153	µg/kg p.s.	0,58	1,02	3,16	<0,03*	17
PCB180	µg/kg p.s.	0,54	1,03	3,61	<0,03*	17
#Σ7PCBs	µg/kg p.s.	2,67	4,77	14,35	<0,03*	17
α-HCH	µg/kg p.s.	<0,03*	-	<0,03*	<0,03*	17
Lindano (γ-HCH)	µg/kg p.s.	<0,03*	-	<0,03*	<0,03*	17
HCB	µg/kg p.s.	<0,03*	-	0,08	<0,03*	17
Aldrín	µg/kg p.s.	<0,03*	-	<0,03*	<0,03*	17
Isodrín	µg/kg p.s.	<0,03*	-	<0,03*	<0,03*	17
Dieldrín	µg/kg p.s.	0,04	0,04	0,15	<0,03*	17
Endrín	µg/kg p.s.	0,04	0,05	0,17	<0,03*	17
p,p'-DDE	µg/kg p.s.	0,37	0,33	1,15	0,04	17
p,p'-DDD	µg/kg p.s.	0,34	0,56	2,06	<0,03*	17
p,p'-DDT	µg/kg p.s.	0,27	0,43	1,32	<0,03*	17
o,p'-DDT	µg/kg p.s.	0,06	0,08	0,28	<0,03*	17

En cuanto a los PCBs no uPBTs, se observa que la estación con los valores más altos es Algeciras, seguida por Málaga. En cuanto al resto de las estaciones, presentan concentraciones cercanas al límite de cuantificación para estos compuestos (ver Figura 21).

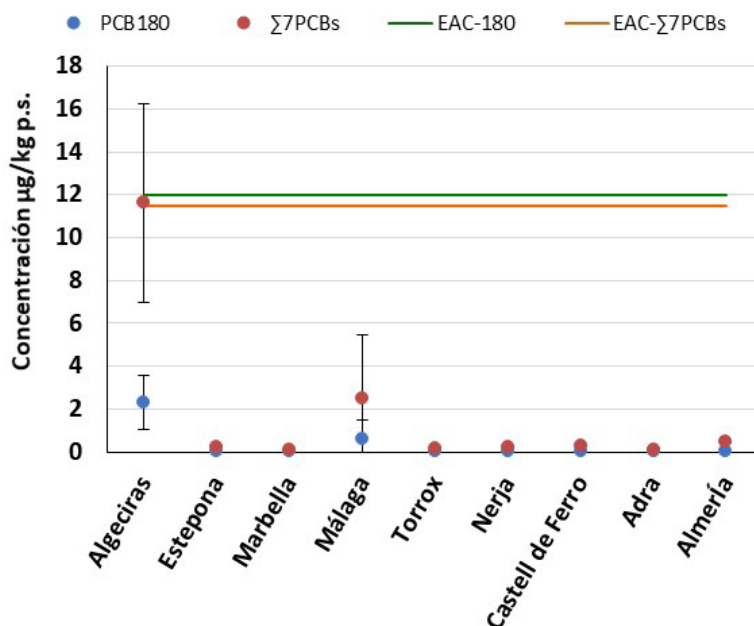


Figura 21. Concentración (valor medio $\pm$ desviación estándar) del PCB180 y el sumatorio de 7 PCBs en sedimento marino del área PC de la DMESAL ($\mu\text{g/kg p.s.}$) muestreados los años 2013 y 2015, y sus valores EAC correspondientes.

Los demás compuestos organoclorados muestran una distribución similar, con los valores más altos en la estación de Algeciras (Figura 22 y Figura 23), mientras que el resto de las estaciones muestran valores cercanos al límite de cuantificación. Sin embargo, en el caso del p,p' -DDE se han registrado concentraciones similares tanto en Algeciras como en Málaga, aunque en todas las estaciones los valores se sitúan por debajo del valor establecido EAC.

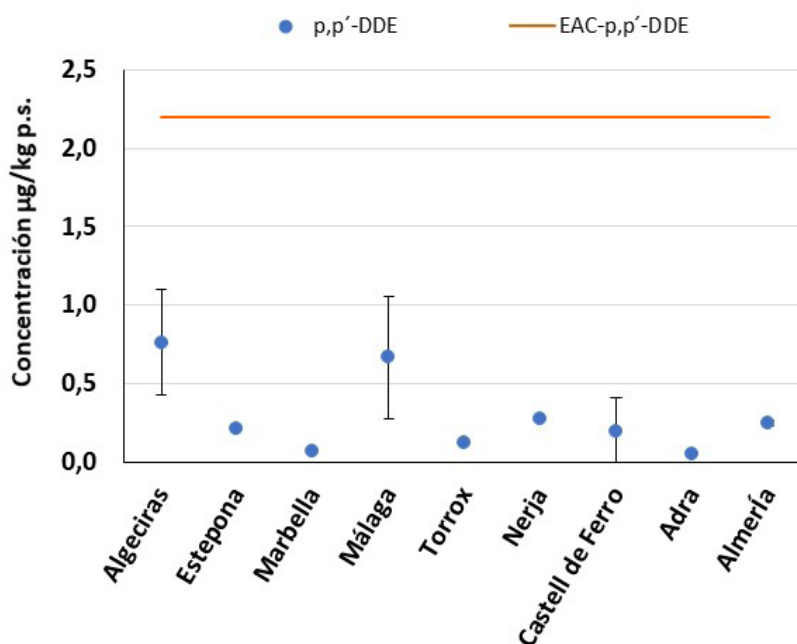


Figura 22. Concentración (valor medio $\pm$ desviación estándar) de p,p' -DDE en sedimento marino del área PC de la DMESAL ($\mu\text{g/kg p.s.}$) muestreados los años 2013 y 2015, y su valor EAC correspondiente.

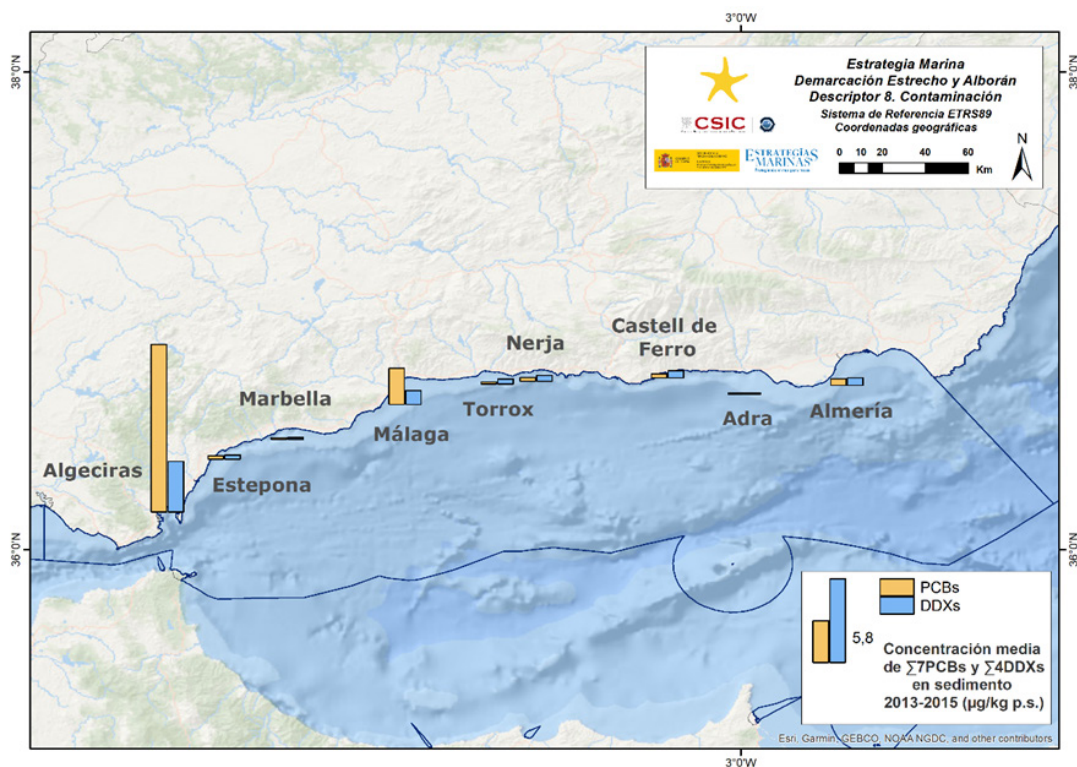


Figura 23. Distribución espacial del valor medio de la concentración del sumatorio de 7 PCBs y de 4 DDXs ($\mu\text{g/kg p.s.}$) en sedimento marino del área PC de la DMESAL muestreados los años 2013 y 2015. $\sum 7\text{PCBs ICES}$: PCB28 + PCB52 + PCB101 + PCB118 + PCB138 + PCB153 + PCB180. $\sum 4\text{DDXs}$: p,p'-DDE + p,p'-DDD + p,p'-DDT + o,p'-DDT.

Concentración en biota (CONC-B), mejillón *Mytilus galloprovincialis*: área PC

Tabla 49. Concentraciones de contaminantes organoclorados no uPBT ($\mu\text{g/kg p.h.}$) en mejillón silvestre del área PC de la DMESAL muestreados el año 2019. *Límite de cuantificación expresado en $\mu\text{g/kg p.h.}$. # $\sum 7\text{PCBs ICES}$: PCB28 + PCB52 + PCB101 + PCB118 + PCB138 + PCB153 + PCB180.

CONC-B mejillón	Unidades	Media	SD	Máximo	Mínimo	N
PCB28	$\mu\text{g/kg p.h.}$	0,03	0,03	0,08	<0,01*	12
PCB52	$\mu\text{g/kg p.h.}$	0,04	0,03	0,11	<0,01*	12
PCB101	$\mu\text{g/kg p.h.}$	0,29	0,16	0,43	0,02	12
PCB138	$\mu\text{g/kg p.h.}$	0,66	0,44	1,43	<0,01*	12
PCB153	$\mu\text{g/kg p.h.}$	1,77	1,15	3,50	<0,01*	12
PCB180	$\mu\text{g/kg p.h.}$	0,22	0,14	0,44	<0,01*	12
# $\sum 7\text{PCBs ICES}$	$\mu\text{g/kg p.h.}$	3,15	1,93	5,96	0,06	12
$\alpha\text{-HCH}$	$\mu\text{g/kg p.h.}$	<0,01*	-	<0,01*	<0,01*	12
Lindano ($\gamma\text{-HCH}$)	$\mu\text{g/kg p.h.}$	<0,01*	-	<0,01*	<0,01*	12



CONC-B mejillón	Unidades	Media	SD	Máximo	Mínimo	N
HCB	µg/kg p.h.	<0,01*	-	<0,01*	<0,01*	12
Aldrín	µg/kg p.h.	<0,01*	-	<0,01*	<0,01*	12
Isodrin	µg/kg p.h.	<0,01*	-	0,02	<0,01*	12
Dieldrin	µg/kg p.h.	0,09	0,06	0,18	<0,01*	12
Endrin	µg/kg p.h.	<0,01*	-	<0,01*	<0,01*	12
<i>p,p'</i> -DDE	µg/kg p.h.	0,40	0,18	0,60	<0,01*	12
<i>p,p'</i> -DDD	µg/kg p.h.	0,10	0,07	0,23	<0,01*	12
<i>p,p'</i> -DDT	µg/kg p.h.	0,02	0,01	0,03	<0,01*	12
<i>o,p'</i> -DDT	µg/kg p.h.	<0,01*	-	0,03	<0,01*	12

En mejillón, se observan los valores medios más altos en Algeciras para el PCB28 (0,06 µg/kg p.h.), PCB52 (0,09 µg/kg p.h.) y PCB101 (0,39 µg/kg p.h.). Por otro lado, para los PCB138, PCB153 y PCB180, la estación con la concentración media más alta es Manilva, registrando valores de 1,20, 3,07 y 0,36 µg/kg p.h., respectivamente. En todos los casos, la estación con los valores más bajos fue La Herradura (Figura 24).

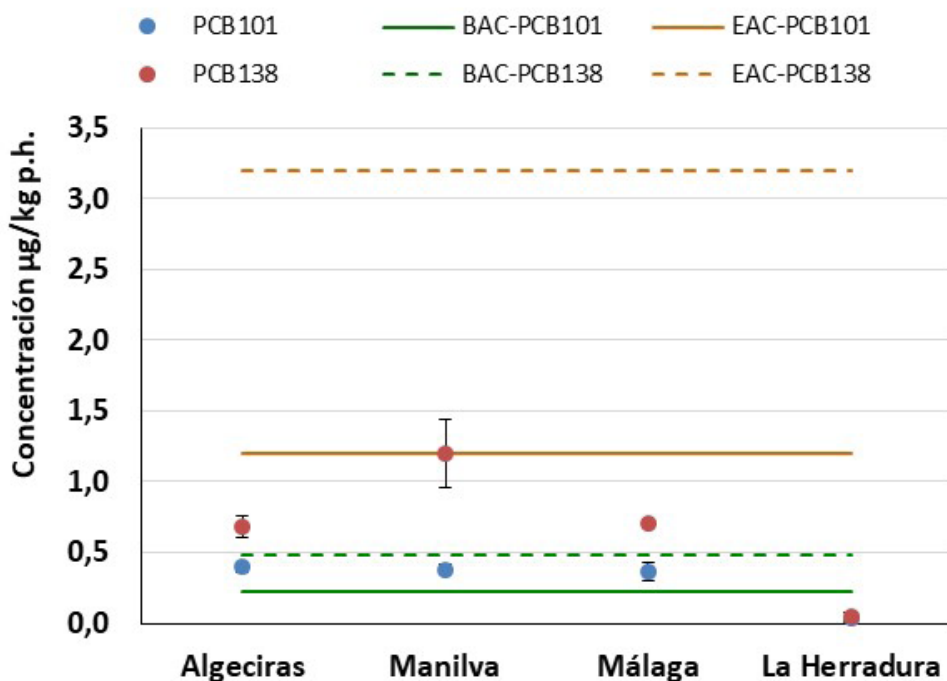


Figura 24. Concentración (valor medio ± desviación estándar) del PCB101 y PCB138 en mejillón silvestre del área PC de la DMESAL (µg/kg p.h.) muestreados el año 2019, y sus valores BAC y EAC correspondientes.



En cuanto al resto de los compuestos organoclorados no uPBTs, destaca el p,p' -DDE, que presenta el valor medio más bajo para la demarcación en La Herradura (0,16 $\mu\text{g/kg p.h.}$), mientras que las mayores concentraciones se observan en Algeciras y Málaga, con 0,53 $\mu\text{g/kg p.h.}$ (Figura 25). Los demás compuestos muestran valores muy bajos y próximos al límite de cuantificación.

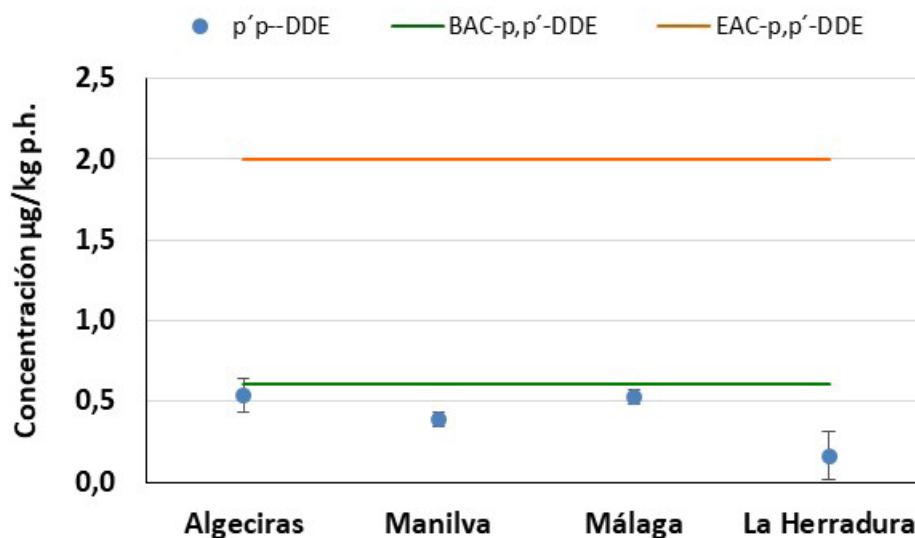


Figura 25. Concentración (valor medio $\pm$ desviación estándar) de p,p' -DDE en mejillón silvestre del área PC de la DMESAL ($\mu\text{g/kg p.h.}$) muestreados el año 2019, y sus valores BAC y EAC.

La distribución espacial del sumatorio de 7 PCBs y de 4 DDXs en mejillón silvestre de la zona próxima a costa de la demarcación marina del Estrecho y Alborán, se muestra en el mapa representado en la Figura 26.

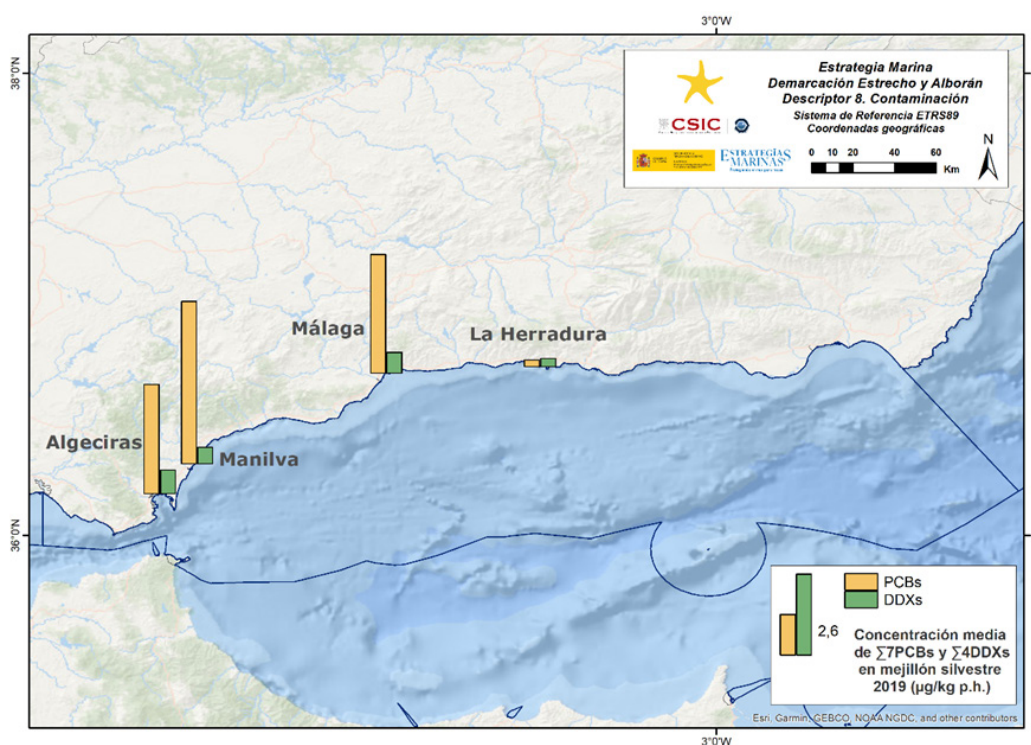


Figura 26. Distribución espacial del valor medio de la concentración del sumatorio de 7 PCBs y de 4 DDXs ($\mu\text{g/kg p.h.}$) en mejillón silvestre del área PC de la DMESAL muestreados el año 2019. $\sum 7\text{PCBs}$ ICES: PCB28 + PCB52 + PCB101 + PCB118 + PCB138 + PCB153 + PCB180. $\sum 4\text{DDXs}$: p,p' -DDE + p,p' -DDD + p,p' -DDT + o,p' -DDT.



Concentración en biota (CONC-B-MU), músculo de salmonete *Mullus barbatus*: área PC

Tabla 50. Concentraciones de contaminantes organoclorados no uPBT en salmonete de fango del área PC de la DMESAL, muestreados el año 2015. *límite de cuantificación expresado en $\mu\text{g/kg p.h.}$ y **límite de cuantificación expresado en $\mu\text{g/kg lípido}$. # $\Sigma 7\text{PCBs ICES}$: PCB28 + PCB52 + PCB101 + PCB118 + PCB138 + PCB153 + PCB180.

CONC-B-MU salmonete	Unidades	Media	SD	Máximo	Mínimo	N
PCB28	$\mu\text{g/kg lípido}$	7,12	7,50	40,39	0,82	36
PCB52	$\mu\text{g/kg lípido}$	4,87	5,94	37,25	<0,3**	36
PCB101	$\mu\text{g/kg lípido}$	12,49	12,0	60,36	0,82	36
PCB138	$\mu\text{g/kg lípido}$	221	239,15	937,24	10,18	36
PCB153	$\mu\text{g/kg lípido}$	392,66	381,0	1.496,40	12,59	36
PCB180	$\mu\text{g/kg lípido}$	223,29	295,54	1.173,13	5,48	36
# $\Sigma 7\text{PCBs ICES}$	$\mu\text{g/kg lípido}$	885,55	910,59	3.688,61	31,55	36
$\alpha\text{-HCH}$	$\mu\text{g/kg p.h.}$	<0,01*	-	<0,01*	<0,01*	36
Lindano ($\gamma\text{-HCH}$)	$\mu\text{g/kg p.h.}$	<0,01*	-	<0,01*	<0,01*	36
HCB	$\mu\text{g/kg p.h.}$	0,08	0,05	0,19	<0,01*	36
Aldrín	$\mu\text{g/kg p.h.}$	<0,01*	-	<0,01*	<0,01*	36
Isodrín	$\mu\text{g/kg p.h.}$	<0,01*	-	<0,01*	<0,01*	36
Dieldrín	$\mu\text{g/kg p.h.}$	0,12	0,14	0,44	<0,01*	36
Endrín	$\mu\text{g/kg p.h.}$	0,06	0,21	1,26	<0,01*	36
$p,p'\text{-DDE}$	$\mu\text{g/kg p.h.}$	4,0	2,89	14,73	0,19	36
$p,p'\text{-DDD}$	$\mu\text{g/kg p.h.}$	0,37	0,56	2,762	<0,01*	36
$p,p'\text{-DDT}$	$\mu\text{g/kg p.h.}$	0,173	0,39	2,29	<0,01*	36
$o,p'\text{-DDT}$	$\mu\text{g/kg p.h.}$	0,032	0,08	0,47	<0,01*	36

En el salmonete, las concentraciones más altas de PCBs no uPBT se encuentran en la estación de Castell de Ferro (para PCB28 y PCB52) y en Málaga (para PCB101, PCB138, PCB153 y PCB180) con concentraciones medias de 11,8; 7,2; 17,2; 369,4; 709,0 y 474,9 $\mu\text{g/kg lípido}$, respectivamente. Por otro lado, la estación de Almería muestra los niveles más bajos para la demarcación Estrecho y Alborán. Como ejemplo de la demarcación, se han representado los valores para el PCB28 y PCB138 (Figura 27).

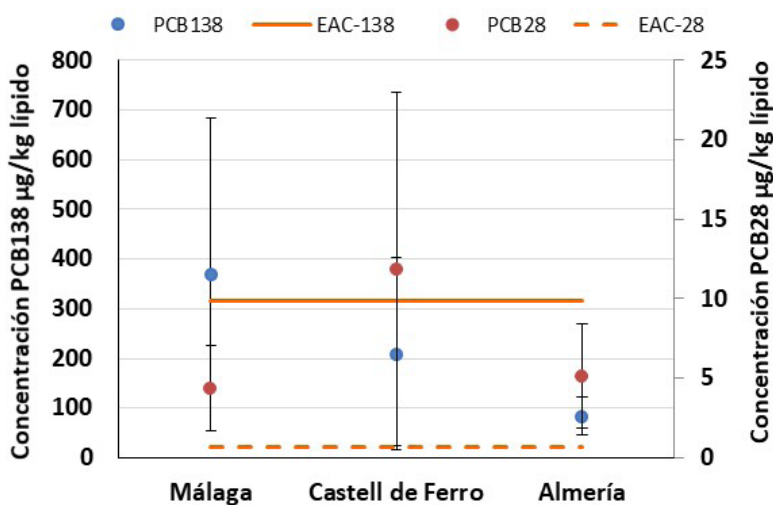


Figura 27. Concentración (valor medio $\pm$ desviación estándar) del PCB138 y PCB28 ($\mu\text{g/kg}$ lípido) en salmonete de fango del área PC de la DMESAL muestreados el año 2015, y sus valores EAC correspondientes.

La distribución espacial del sumatorio de 7 PCBs en salmonete de fango de la zona próxima a costa de la demarcación marina del Estrecho y Alborán, se muestra en el mapa representado en la Figura 28.

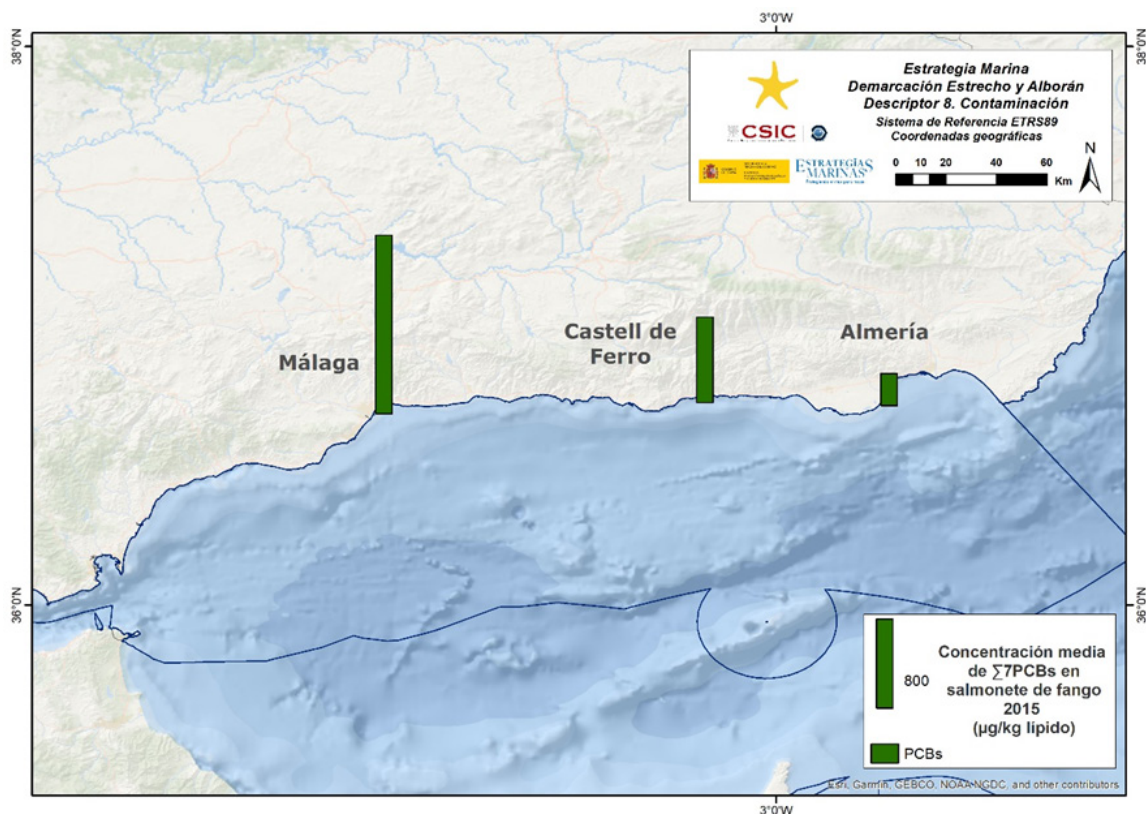


Figura 28. Distribución espacial del valor medio de la concentración del sumatorio de 7 PCBs ($\mu\text{g/kg}$ lípido) en salmonete de fango del área PC de la DMESAL muestreados el año 2015. $\sum 7\text{PCBs}$ ICES: PCB28 + PCB52 + PCB101 + PCB118 + PCB138 + PCB153 + PCB180.



En cuanto al resto de los compuestos organoclorados en salmonete, se observan los valores más altos para HCB (0,1 $\mu\text{g/kg p.h.}$), dieldrín (0,21 $\mu\text{g/kg p.h.}$), *p,p'*-DDE (5,2 $\mu\text{g/kg p.h.}$) y *o,p'*-DDT (0,06 $\mu\text{g/kg p.h.}$) en la estación de Almería. Para el *p,p'*-DDD, la estación con una concentración más alta es Málaga (0,73 $\mu\text{g/kg p.h.}$), mientras que la mayor concentración para *p,p'*-DDT se encuentra en Castell de Ferro (0,22 $\mu\text{g/kg p.h.}$) (Figura 29).

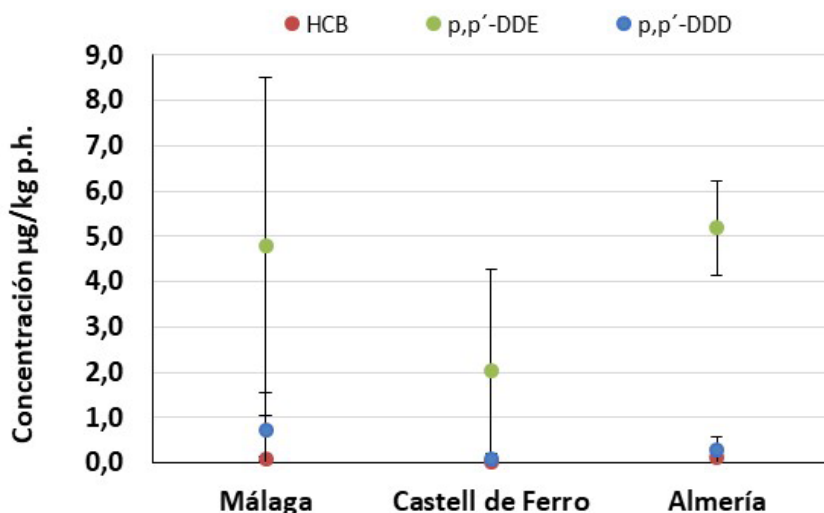


Figura 29. Concentración (valor medio $\pm$ desviación estándar) de HCB, *p,p'*-DDE y *p,p'*-DDD en salmonete de fango del área PC de la DMESAL ($\mu\text{g/kg p.h.}$) muestreados el año 2015.

La distribución espacial del sumatorio de 4 DDXs en salmonete de fango se muestra en la Figura 30.

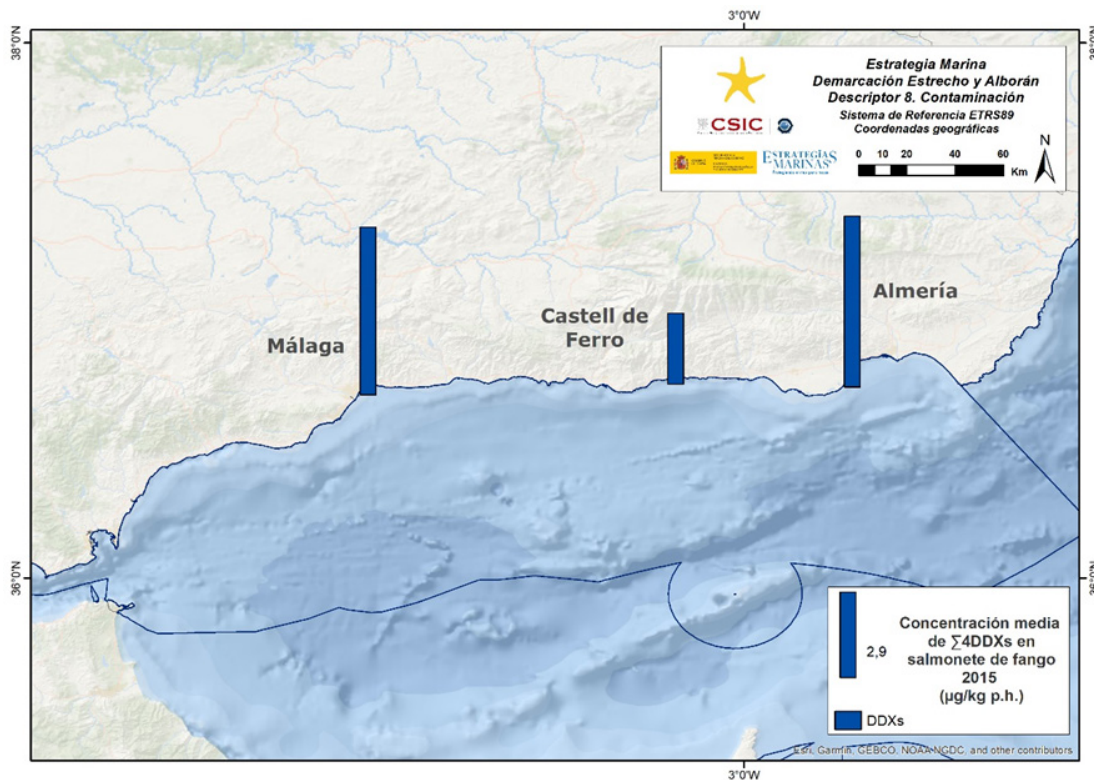


Figura 30. Distribución espacial del valor medio de la concentración del sumatorio de 4 DDXs ($\mu\text{g/kg p.h.}$) en salmonete de fango del área PC de la DMESAL muestreados el año 2015. $\sum 4\text{DDXs}$: *p,p'*-DDE + *p,p'*-DDD + *p,p'*-DDT + *o,p'*-DDT.



Tendencia de los valores obtenidos para el parámetro

Del análisis de tendencias se deduce que en la mayoría de los casos no es posible observar ninguna tendencia estadísticamente significativa (88,9 %), mientras que en aproximadamente un 2,8 % de los casos se observa una tendencia decreciente, es decir, un deterioro. Se han identificado estaciones donde se ha observado una mejora en varios contaminantes, como Algeciras (para el PCB101, PCB138, PCB153, PCB180 y $\Sigma 7$ PCBs) y La Herradura ($\Sigma 7$ PCBs). Sin embargo, se ha observado un deterioro en relación a HCB en Algeciras y a o,p' -DDT en La Herradura.

Tabla 51. Tendencias temporales en mejillón silvestre del área PC de la DMESAL para los compuestos organoclorados no uPBT. ↔ Estable; ↗ Mejora; ↘ En deterioro; n.r. no relevante; ¿? Desconocido. * $\Sigma 7$ PCBs ICES: PCB28 + PCB52 + PCB101 + PCB118 + PCB138 + PCB153 + PCB180.

Estación	Algeciras	Manilva	Málaga	La Herradura
PCB28	↔	↔	↔	↔
PCB52	↔	↔	↔	↔
PCB101	↗	↔	↔	↔
PCB138	↗	↔	↔	↔
PCB153	↗	↔	↔	↔
PCB180	↗	↔	↔	↔
* $\Sigma 7$ PCBs ICES	↗	↔	↔	↗
α -HCH	↔	↔	↔	↔
Lindano	↔	↔	↔	↔
HCB	↘	↔	↔	↔
Aldrín	↔	↔	↔	↔
Isodrín	↔	↔	↔	↔
Dieldrín	↔	↔	↔	↔
Endrín	↔	↔	↔	↔
p,p' -DDE	↔	↔	↔	↔
p,p' -DDD	↔	↔	↔	↔
p,p' -DDT	↔	↔	↔	↔
o,p' -DDT	↔	↔	↔	↘
Años muestreados	9	9	8	7
Primer año	2008	2008	2008	2008
Último año	2019	2019	2019	2019



Consecución del parámetro

En sedimento, el PCB101 y el sumatorio de los 7 PCBs sobrepasan los valores umbrales establecidos. En el caso del mejillón, todos los contaminantes cumplen sus valores umbrales, y en salmonete solo se incumple el valor umbral en el PCB138 y PCB180.

Tabla 52. Consecución del parámetro en relación con la evaluación de los contaminantes organoclorados no uPBT en las muestras de sedimento marino, mejillón silvestre y salmonete de fango del área PC de la DMESAL. * $\sum 7\text{PCBs ICES}$: PCB28 + PCB52 + PCB101 + PCB118 + PCB138 + PCB153 + PCB180.

■ Sí ($\leq 5\%$ muestras sobrepasan el EAC); ■ No ($> 5\%$ muestras sobrepasan el EAC); ■ Desconocido (cuando no existe valor EAC establecido); ■ No evaluado (no existe un número representativo de muestras para realizar la evaluación).

Contaminantes no uPBT	CONC-S-2000	CONC-B mejillón	CONC-B-MU salmonete
PCB28	■	■	■
PCB52	■	■	■
PCB101	■	■	■
PCB138	■	■	■
PCB153	■	■	■
PCB180	■	■	■
* $\sum 7\text{PCBs ICES}$	■	■	■
α -HCH	■	■	■
Lindano (γ -HCH)	■	■	■
HCB	■	■	■
Aldrín	■	■	■
Isodrín	■	■	■
Dieldrín	■	■	■
Endrín	■	■	■
<i>p,p'</i> -DDE	■	■	■
<i>p,p'</i> -DDD	■	■	■
<i>p,p'</i> -DDT	■	■	■
<i>o,p'</i> -DDT	■	■	■

Las concentraciones de los compuestos organoclorados no uPBT se han clasificado atendiendo a las concentraciones con efecto potencial (EAC) como se muestra en la Tabla 53. En el sedimento, se observa que 2 muestras de Algeciras superan el valor establecido como EAC. En cuanto al mejillón, ninguna de las 4 estaciones estudiadas supera los valores umbrales establecidos. Por último, en el caso del salmonete, ni el PCB138 ni el PCB180 cumplen el valor umbral.



Tabla 53. Porcentaje de muestras del área PC de la DMESAL que tienen una concentración mayor al criterio de evaluación propuesto para los compuestos organoclorados no uPBT. * $\sum 7\text{PCBs ICES}$: PCB28 + PCB52 + PCB101 + PCB118 + PCB138 + PCB153 + PCB180.

> EAC/NCA (%)	CONC-S-2000	CONC-B mejillón	CONC-B-MU salmonete
PCB28	0	0	2,8
PCB52	0	0	0
PCB101	0	0	0
PCB138	0	0	22,2
PCB153	0	0	0
PCB180	0	0	11,1
* $\sum 7\text{PCBs ICES}$	11,8	-	-
Lindano	0	0	0
HCB	0	-	0
Dieldrín	0	0	-
p,p'-DDE	0	0	-

5.1.2.2. Polibromodifenil éteres (PBDEs): sustancias no uPBT

Resultados de la evaluación del tercer ciclo

Se observa que el 100 % se encuentra en buen estado.

Tabla 54. Resultados de la evaluación del tercer ciclo para los polibromodifenil éteres no uPBT en las muestras de sedimento marino y mejillón silvestre del área PC de la DMESAL.

Estado: ■ Se alcanza el BEA; ■ No se alcanza el BEA; ■ Desconocido (no existe un valor EAC establecido); ■ No evaluado

Contaminantes no uPBT	CONC-S-2000	CONC-B mejillón
PBDE66	■	■
PBDE85	■	■
PBDE183	■	■

Metodología de evaluación e indicadores relacionados

La evaluación se basa en la medida de la concentración de los polibromodifenil éteres (PBDEs) no UPBT conocidos por su riesgo medioambiental.



La evaluación está basada en el análisis de los siguientes indicadores:

- Concentración de polibromodifenil éteres en sedimentos marinos: CONT-PBDE-s.
- Concentración de polibromodifenil éteres en biota marina: CONT-PBDE-b.

Parámetros utilizados

- Concentración en sedimento, fracción inferior a 2000 μm (CONC-S-2000): PBDE66, PBDE85, PBDE183.
- Concentración en biota (CONC-B), mejillón *Mytilus galloprovincialis*: PBDE66, PBDE85, PBDE183.

Valores umbral

Tabla 55. Criterios seleccionados como niveles basales y valores de referencia para la evaluación de los polibromodifenil éteres no uPBT en las muestras de sedimento marino y mejillón silvestre del área PC de la DMESAL. Basado en los valores adoptados por el convenio OSPAR: <https://oap.ospar.org/en/ospar-assessments/quality-status-reports/qsr-2023/indicator-assessments/status-and-trends-polybrominated-diphenyl-ethers-pbdes-biota-and/>

Contaminantes NO UBPT	Sedimento $\mu\text{g/kg p.s.}$		Mejillón $\mu\text{g/kg lípido}$	
	BAC	FEQG	BAC	FEQG
PBDE66	0,05	97,5	0,065	-
PBDE85	0,05	1	0,065	-
PBDE183	0,05	14.000	0,065	-

Valores obtenidos para el parámetro

Concentración en sedimento total, fracción inferior a 2 μm (CONC-S-2000): área PC

En la mayoría de los casos, las concentraciones fueron inferiores al límite de cuantificación. Solo se detectó el PBDE183 en Castell de Ferro.

Tabla 56. Concentraciones de polibromodifenil éteres (PBDEs) no uPBT en sedimento marino del área PC de la DMESAL, muestreados el año 2015 ($\mu\text{g/kg p.s.}$). *Límites de cuantificación (PBDE66: 0,1; PBDE85: 0,7; PBDE183: 0,06) expresados en $\mu\text{g/kg p.s.}$

CONC-S-2000	Unidades	Media	SD	Máximo	Mínimo	N
PBDE66	$\mu\text{g/kg p.s.}$	<0,1*	-	<0,1*	<0,1*	34
PBDE85	$\mu\text{g/kg p.s.}$	<0,7*	-	<0,7*	<0,7*	34
PBDE183	$\mu\text{g/kg p.s.}$	<0,06*	-	0,29	<0,06*	34



Concentración en biota (CONC-B), mejillón *Mytilus galloprovincialis*: área PC

Se observa que todas las muestras presentan concentraciones inferiores al límite de cuantificación (ver Tabla 57).

Tabla 57. Concentraciones de polibromodifenil éteres (PBDEs) no uPBT en mejillón silvestre del área PC de la DMESAL muestreados el año 2019. *Límites de cuantificación expresados en $\mu\text{g/kg}$ lípido.

CONC-B mejillón	Unidades	Media	SD	Máximo	Mínimo	N
PBDE66	$\mu\text{g/kg}$ lípido	<0,06*	-	<0,06*	<0,06*	4
PBDE85	$\mu\text{g/kg}$ lípido	<0,06*	-	<0,06*	<0,06*	4
PBDE183	$\mu\text{g/kg}$ lípido	<0,06*	-	<0,06*	<0,06*	4

Tendencia de los valores obtenidos para el parámetro

Debido a la falta de datos disponibles, actualmente no es posible realizar una evaluación de la tendencia. Este parámetro se está incluyendo por primera vez en la evaluación.

Consecución del parámetro

Tabla 58. Consecución del parámetro con relación a la evaluación de los polibromodifenil éteres no uPBT en las muestras de sedimento marino y mejillón silvestre del área PC de la DMESAL.

■ Sí (≤ 5 % muestras sobrepasan el EAC); ■ No (> 5 % muestras sobrepasan el EAC); ■ Desconocido (cuando no existe valor EAC establecido); ■ No evaluado (no existe un número representativo de muestras para realizar la evaluación).

Contaminantes no uPBT	CONC-S-2000	CONC-B mejillón
PBDE66	■	■
PBDE85	■	■
PBDE183	■	■

Las concentraciones de los polibromodifenil éteres uPBT se han clasificado atendiendo a los niveles basales (BAC) y a las concentraciones con efecto potencial (FEQG), como se muestra en la Tabla 59. Se observa que todos los PBDEs evaluados cumplen con el BEA.

Tabla 59. Porcentaje de muestras del área PC de la DMESAL según los criterios de evaluación propuestos de BAC y FEQG para los polibromodifenil éteres no uPBT. * No existe el FEQG para estos contaminantes.

Parámetro		< BAC (%)	>BAC y <FEQG (%)	>FEQG (%)
PBDE66	CONC-S-2000	100	0	0
	CONC-B mejillón	100	0	-*
PBDE85	CONC-S-2000	100	0	0
	CONC-B mejillón	100	0	-*
PBDE183	CONC-S-2000	50	50	0
	CONC-B mejillón	100	0	-*



5.1.2.3. Organoestánicos: sustancias no uPBT

Resultados de la evaluación del tercer ciclo

Tabla 60. Resultados de la evaluación del tercer ciclo para los contaminantes organoestánicos no uPBT en las muestras de sedimento marino del área PC de la DMESAL.

Estado: ■ Se alcanza el BEA; ■ No se alcanza el BEA; ■ Desconocido (no existe un valor EAC establecido); ■ No evaluado

Contaminantes uPBT	CONC-S-2000
Ion de dibutilestaño	■
Ion de monobutilestaño	■

Metodología de evaluación e indicadores relacionados

La evaluación se basa en la medida de la concentración de compuestos organoestánicos (OE) no uPBT conocidos por su riesgo medioambiental.

La evaluación está basada en el análisis de los siguientes indicadores:

- Concentración de compuestos organoestánicos en sedimento marino: CONT-OE-s.

Parámetros utilizados

- Concentración en sedimento, fracción inferior a 2000 μm (CONC-S-2000): ion de dibutilestaño (DBSN+) e ion de monobutilestaño (MBSN+).

Valores umbral

No existe un valor de referencia establecido en los convenios internacionales de Barcelona (Programa MEDPOL) ni OSPAR para estos compuestos.

Valores obtenidos para el parámetro

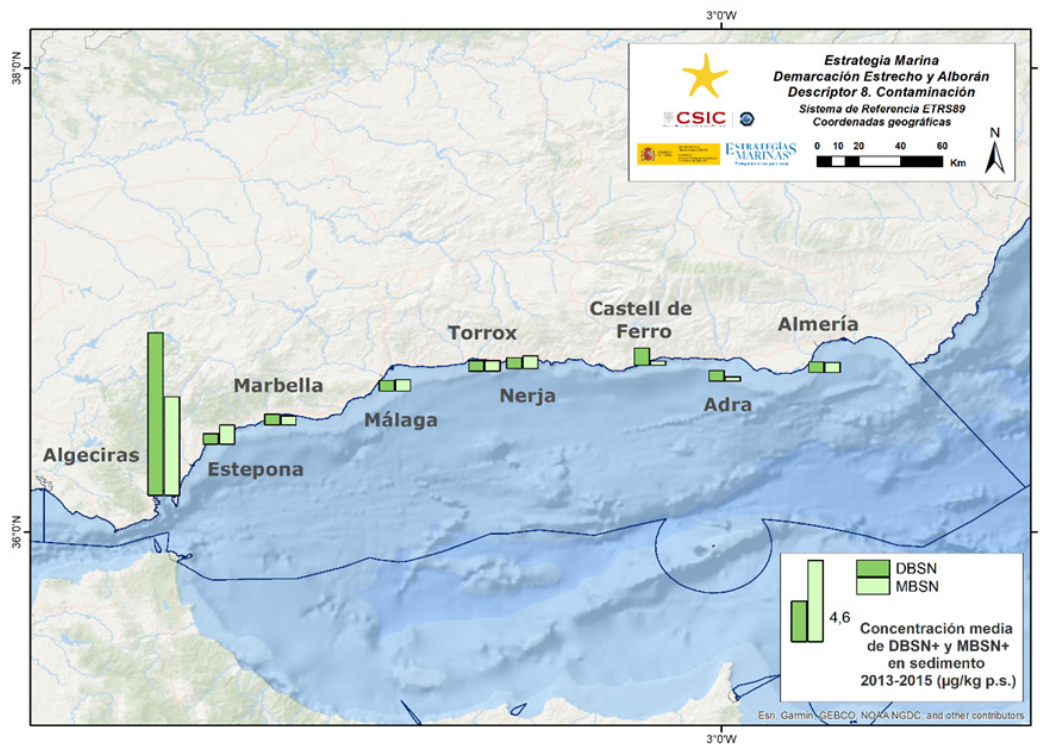
Concentración en sedimento total, fracción inferior a 2 μm (CONC-S-2000): área PC

Tabla 61. Concentraciones del ion dibutilestaño e ion monobutilestaño (no uPBT) en sedimento del área PC de la DMESAL muestreados los años 2013 y 2015 ($\mu\text{g/kg p.s.}$). *Límites de detección (DBSN+: 1,1; MBSN+: 0,7) expresados en $\mu\text{g/kg p.s.}$

CONC-S-2000	Unidades	Media	SD	Máximo	Mínimo	N
Ion de dibutilestaño	$\mu\text{g/kg p.s.}$	2,28	4,71	19,3	<1,1*	17
Ion de monobutilestaño	$\mu\text{g/kg p.s.}$	1,48	2,74	11,35	<0,7*	17



En ambos casos, se observa una tendencia similar, con la detección de ambos compuestos en Algeciras y en el resto de las estaciones con concentraciones cercanas al límite de cuantificación. En particular, en la estación de Algeciras se detectó una concentración media de 9,2 $\mu\text{g/kg}$ p.s. para el ion dibutilestaño (DBSN+) y de 5,6 $\mu\text{g/kg}$ p.s. para el ion monobutilestaño (MBSN+) (Figura 31).



Tendencia de los valores obtenidos para el parámetro

Debido a la falta de datos disponibles, actualmente no es posible realizar una evaluación de la tendencia. Este parámetro se está incluyendo por primera vez en la evaluación.

Consecución del parámetro

No existe un valor de referencia establecido en los convenios internacionales de Barcelona (Programa MEDPOL) ni OSPAR para los contaminantes organoestánicos no uPBT; por lo tanto, estos parámetros son desconocidos.



5.1.2.4. Hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAHs): sustancias no UPBT

Resultados de la evaluación del tercer ciclo

Tabla 62. Resultados de la evaluación del tercer ciclo para los hidrocarburos aromáticos policíclicos no uPBT en las muestras de sedimento marino y mejillón silvestre del área PC de la DMESAL.

Estado: ■ Se alcanza el BEA; ■ No se alcanza el BEA; ■ Desconocido (no existe un valor EAC establecido); ■ No evaluado

Contaminantes no uPBT	CONC-S-2000	CONC-B mejillón
Fenantreno	■	■
Antraceno	■	■
Fluoranteno	■	■
Pireno	■	■
Benzo(a)antraceno	■	■
Criseno	■	■
Dibenzo(a,h)antraceno	■	■

Metodología de evaluación e indicadores relacionados

La evaluación se basa en la medida de la concentración de hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAHs) no uPBT conocidos por su riesgo medioambiental. La evaluación está basada en el análisis de los siguientes indicadores:

- Concentración de hidrocarburos aromáticos policíclicos en sedimentos marinos: CONT-PAH-s.
- Concentración de hidrocarburos aromáticos policíclicos en biota marina: CONT-PAH-b.

Parámetros utilizados

- Concentración en sedimento, fracción inferior a 2000 µm (CONC-S-2000): fenantreno, antraceno, fluoranteno, pireno, benzo(a)antraceno, criseno, dibenzo(a,h)antraceno.
- Concentración en biota (CONC-B), mejillón *Mytilus galloprovincialis*: fenantreno, antraceno, fluoranteno, pireno, benzo(a)antraceno, criseno, dibenzo(a,h)antraceno.



Valores umbral

Tabla 63. Criterios seleccionados como niveles basales y valores de referencia para la evaluación de los hidrocarburos aromáticos policíclicos no uPBT en las muestras de sedimento marino y mejillón silvestre del área PC de la DMESAL. * UNEP/MED WG.563/7: Niveles EAC en el Mediterráneo para hidrocarburos aromáticos policíclicos basados en sus respectivos valores adoptados por el convenio OSPAR # El valor original, en µg/kg p.s., ha sido transformado utilizando una relación de liofilización de 5 (peso húmedo/peso seco). a Real Decreto 817/2015, de 11 de septiembre, por el que se establecen los criterios de seguimiento y evaluación del estado de las aguas superficiales y las normas de calidad ambiental (NCA), la NCA de la biota se refiere a crustáceos y moluscos. Para la evaluación del fluoranteno en mejillón se ha utilizado el valor EAC por ser más restrictivo que el NCA.

Contaminantes no UBPT	Sedimento µg/kg p.s.		Mejillón µg/kg p.h.	
	BAC**	EAC*	BAC**	EAC**/NCA ^a
Fenantreno	22,4	240	5,9	340
Antraceno	1,8	85	0,3	58
Fluoranteno	14,4	600	3	22/30 ^a
Pireno	37,1	660	1,6	20
Benzo(a)antraceno	29,6	261	0,2	16
Criseno	53,9	384	0,9	-
Dibenzo(a,h)antraceno	10,5	63,4	-	-

Valores obtenidos para el parámetro

Concentración en sedimento total, fracción inferior a 2 µm (CONC-S-2000): área PC

Tabla 64. Concentraciones de los hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAHs) no uPBT en sedimento marino del área PC de la DMESAL muestreados los años 2013 y 2015 (µg/kg p.s.). *Límites de cuantificación (fenantreno: 0,7; antraceno: 0,71; benzo(a)antraceno: 0,91; criseno: 1; dibenzo(a,h)antraceno: 1,43) expresados en µg/kg p.s.

CONC-S-2000	Unidades	Media	SD	Máximo	Mínimo	N
Fenantreno	µg/kg p.s.	75,8	177,7	889,1	<0,70*	18
Antraceno	µg/kg p.s.	30,4	71,2	353,4	<0,71*	18
Fluoranteno	µg/kg p.s.	149,8	352,5	1.745,7	0,4	18
Pireno	µg/kg p.s.	145,5	341,6	1.700,1	0,4	18
Benzo(a)antraceno	µg/kg p.s.	82,8	196,2	997,5	<0,91*	18
Criseno	µg/kg p.s.	60,0	134,5	645,4	<1*	18
Dibenzo(a,h)antraceno	µg/kg p.s.	22,5	50,6	249,2	<1,43*	18



En cuanto al sedimento, todas las concentraciones máximas de los siete PAHs no uPBT se registraron en Algeciras. El valor máximo tanto en concentración media (352,5 $\mu\text{g/kg p.s.}$) como en el valor más alto lo alcanzó el fluoranteno con 1.745,7 $\mu\text{g/kg p.s.}$ (Tabla 64, Figura 32, Figura 33 y Figura 34).

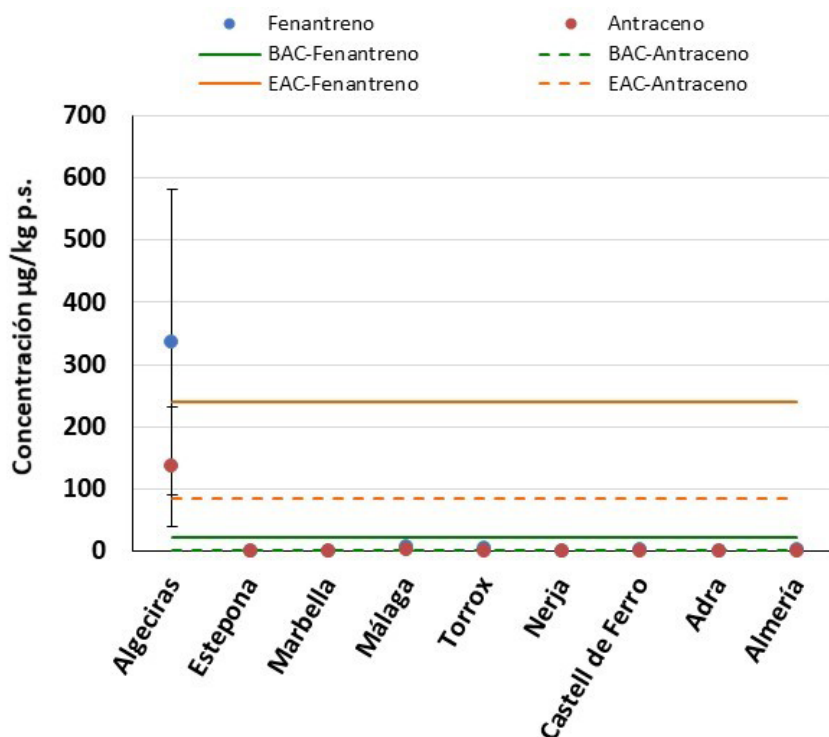


Figura 32. Concentración (valor medio $\pm$ desviación estándar) de fenantreno y antraceno en sedimento marino del área PC de la DMESAL ($\mu\text{g/kg p.s.}$) muestreados los años 2013 y 2015, y los valores EAC y BAC para ambos contaminantes.

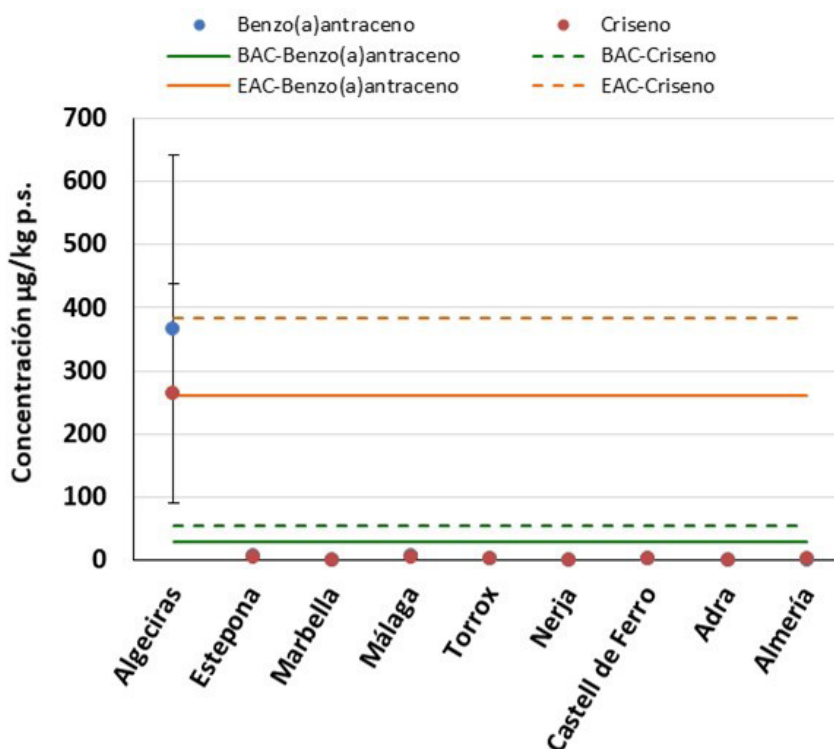


Figura 33. Concentración (valor medio $\pm$ desviación estándar) de benzo(a)antraceno y criseno en sedimento marino del área PC de la DMESAL ($\mu\text{g/kg p.s.}$) muestreados los años 2013 y 2015, y los valores EAC y BAC para ambos contaminantes.

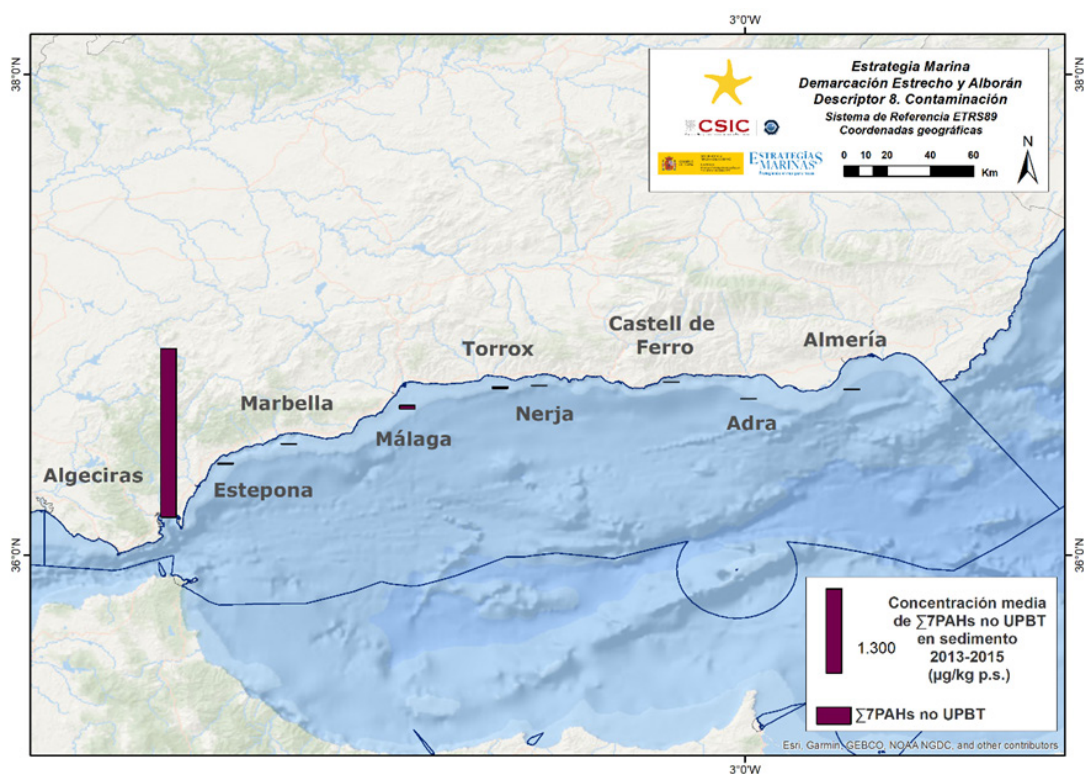


Figura 34. Distribución espacial del valor medio de la concentración del sumatorio de 7 PAHs no uPBT ($\mu\text{g/kg p.s.}$) en sedimento marino del área PC de la DMESAL muestreados los años 2013 y 2015. $\Sigma 7\text{PAHs}$: fenantreno + antraceno + fluoranteno + pireno + benzo(a)antraceno + criseno + dibenzo(a,h)antraceno.

Concentración en biota (CONC-B), mejillón *Mytilus galloprovincialis*: área PC

Se observa que muchos de los congéneres muestran concentraciones por debajo del límite de cuantificación.

Tabla 65. Concentraciones de hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAHs) no uPBT en mejillón silvestre del área PC de la DMESAL muestreados el año 2019 ($\mu\text{g/kg p.h.}$). *Límites de cuantificación expresados en $\mu\text{g/kg p.h.}$

CONC-B mejillón	Unidades	Media	SD	Máximo	Mínimo	N
Fenantreno	$\mu\text{g/kg p.h.}$	1,29	0,8	2,48	0,75	4
Antraceno	$\mu\text{g/kg p.h.}$	<0,04*	-	<0,04*	<0,04*	4
Fluoranteno	$\mu\text{g/kg p.h.}$	0,70	0,66	1,55	<0,16*	4
Pireno	$\mu\text{g/kg p.h.}$	0,51	0,50	1,3	<0,16*	4
Benzo(a)antraceno	$\mu\text{g/kg p.h.}$	<0,18*	-	<0,18*	<0,18*	4
Criseno	$\mu\text{g/kg p.h.}$	<0,12*	-	<0,12*	<0,12*	4
Dibenzo(a,h)antraceno	$\mu\text{g/kg p.h.}$	<1,8*	-	<1,8*	<1,8*	4



En mejillón, la distribución espacial a lo largo de la demarcación muestra que Algeciras, donde se encuentra el principal puerto de la demarcación, es la zona más impactada y presenta concentraciones más altas (Figura 35 y Figura 36).

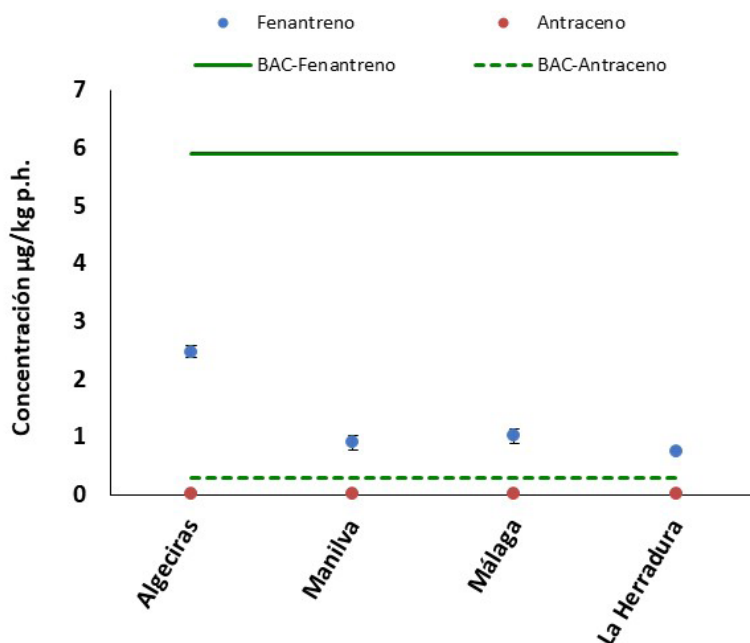


Figura 35. Concentración (valor medio $\pm$ desviación estándar) de fenantreno y antraceno en mejillón silvestre de la zona próxima a costa de la demarcación marina del Estrecho y Alborán ($\mu\text{g/kg p.s.}$) muestreados el año 2019, y los valores BAC para ambos compuestos.

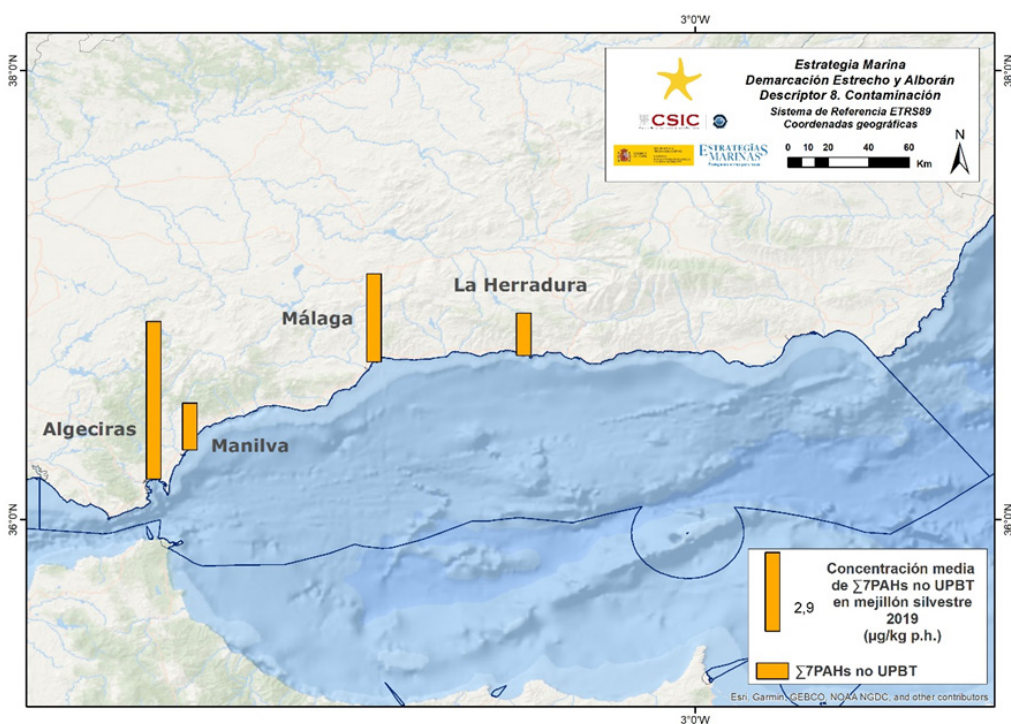


Figura 36. Distribución espacial del valor medio de la concentración del sumatorio de 7 PAHs no uPBT ($\mu\text{g/kg p.h.}$) en mejillón silvestre del área PC de la DMESAL muestreados el año 2019. $\Sigma 7\text{PAHs}$: fenantreno + antraceno + fluoranteno + pireno + benzo(a)antraceno + criseno + dibenzo(a,h)antraceno.



Tendencia de los valores obtenidos para el parámetro

Del análisis de tendencias se observa estabilidad en todas las estaciones con mejoría en Algeciras y Manilva.

Tabla 66. Tendencias temporales en mejillón silvestre en el área PC de la DMESAL para los hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAHs) no uPBT. ↔ Estable; ↗ Mejora; ↘ En deterioro; n.r. no relevante; ¿? Desconocido. Fenan.: fenantreno, Antra.: antraceno, Fluo.: fluoranteno, B(a)a: Benzo(a)antraceno, D(ah)a: Dibenzo(a,h)antraceno.

Estación	Fenan.	Antra.	Fluo.	Pireno	B[a]a	Criseno	D[ah]a	Años muestreados	Primer año	Último año
Algeciras	↔	↗	↔	↗	↗	↗	↔	10	2008	2019
Manilva	↔	↗	↔	↗	↔	↔	↔	10	2008	2019
Málaga	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	9	2008	2019
La Herradura	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	8	2008	2019

Consecución del parámetro

Tabla 67. Consecución del parámetro con relación a la evaluación de los hidrocarburos aromáticos policíclicos no uPBT en las muestras de sedimento marino y mejillón silvestre del área PC de la DMESAL.

■ Sí (≤5 % muestras sobrepasan el EAC); ■ No (>5 % muestras sobrepasan el EAC); ■ Desconocido (cuando no existe valor EAC establecido); ■ No evaluado (no existe un número representativo de muestras para realizar la evaluación).

Contaminantes no uPBT	CONC-S-2000	CONC-B mejillón
Fenantreno	■	■
Antraceno	■	■
Fluoranteno	■	■
Pireno	■	■
Benzo(a)antraceno	■	■
Criseno	■	■
Dibenzo(a,h)antraceno	■	■

Las concentraciones de los hidrocarburos aromáticos policíclicos uPBT se han clasificado atendiendo a los niveles basales (BAC) y a las concentraciones con efecto potencial (EAC), como se muestra en la Tabla 68. En la demarcación del Estrecho y Alborán, la matriz mejillón cumple con el BEA para los contaminantes evaluados, mientras que, en el caso del sedimento, solo el antraceno incumple dicho umbral.



Tabla 68. Porcentaje de muestras del área PC de la DMESAL según los criterios de evaluación propuestos de BAC y EAC para los hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAHs) no uPBT. * No existe el EAC establecido. ⊗ No existe el BAC establecido.

	Parámetro	< BAC (%)	>BAC y <EAC (%)	>EAC (%)
Fenantreno	CONC-S-2000	83,3	11,1	5,6
	CONC-B mejillón	100	0	0
Antraceno	CONC-S-2000	72,2	11,1	16,7
	CONC-B mejillón	100	0	0
Fluoranteno	CONC-S-2000	77,8	16,7	5,5
	CONC-B mejillón	100	0	0
Pireno	CONC-S-2000	77,8	16,7	5,5
	CONC-B mejillón	100	0	0
Benzo(a)antraceno	CONC-S-2000	83,3	11,1	5,6
	CONC-B mejillón	100	0	0
Criseno	CONC-S-2000	83,3	11,1	5,6
	CONC-B mejillón	100	0	_*
Dibenzo(a,h)antraceno	CONC-S-2000	83,3	5,6	11,1
	CONC-B mejillón	100	-⊗	_*

5.1.2.5. Cadmio y plomo: sustancias no UPBT

Resultados de la evaluación del tercer ciclo

Tabla 69. Resultados de la evaluación del tercer ciclo para los metales no uPBT en las muestras de sedimento marino, mejillón silvestre y salmonete de fango del área PC de la DMESAL.

Estado: ■ Se alcanza el BEA; ■ No se alcanza el BEA; ■ Desconocido (no existe un valor EAC establecido); ■ No evaluado

Contaminante no uPBT	CONC-S-2000	CONC-B mejillón	CONC-B-MU salmonete
Cadmio	■	■	■
Plomo	■	■	■



Metodología de evaluación e indicadores relacionados

La evaluación se basa en la medida de la concentración de metales no uPBT conocidos por su riesgo medioambiental.

La evaluación está basada en el análisis de los siguientes indicadores:

- Concentración de metales en sedimentos: CONT-MET-s.
- Concentración de metales en biota: CONT-MET-b.

Parámetros utilizados

- Concentración en sedimento, fracción inferior a 2000 μm (CONC-S-2000): cadmio y plomo.
- Concentración en biota (CONC-B), mejillón *Mytilus galloprovincialis*: cadmio y plomo.
- Concentración en biota (CONC-B-MU), músculo de salmonete *Mullus barbatus*: cadmio y plomo.

Valores umbral

Tabla 70. Criterios seleccionados como niveles basales y valores de referencia para la evaluación de cadmio y plomo en las muestras de sedimento marino, mejillón silvestre y salmonete de fango del área PC de la DMESAL. *Criterio de evaluación basal. BCx1,5 (Metodología MEDPOL) donde BC es un valor propuesto por MEDPOL (UNEP/MAP, 2011; Angelidis et al., 2011). Media sedimentos profundos literatura científica. Y en el caso de biota es el percentil 90 en estaciones de referencia del mediterráneo español (UNEP/MAP/MEDPOL 2015). **Concentración máxima permitida para consumo humano. Reglamento (CE) N° 1831/2006 ***Percentil 10 inferior de datos de concentración en sedimento asociados a efectos biológicos (Long et al., 1995).

Contaminantes no uPBT	Sedimento $\mu\text{g/kg p.s.}$		Mejillón mg/kg p.s.		Salmonete mg/kg p.s.	
	BAC*	ERL***	BAC*	EAC**	BAC*	EAC**
Cadmio	150	1.200	1,088	5	0,008	0,207
Plomo	30.000	46.700	3,8	7,5	0,232	1,245

Valores obtenidos para el parámetro

Concentración en sedimento total, fracción inferior a 2 μm (CONC-S-2000): área PC

Tabla 71. Concentraciones de cadmio y plomo en sedimento marino del área PC de la DMESAL muestreados los años 2013 y 2015 ($\mu\text{g/kg p.s.}$).

CONC-S-2000	Unidades	Media	SD	Máximo	Mínimo	N
Cadmio	$\mu\text{g/kg p.s.}$	87,5	32,5	182	26,3	46
Plomo	$\mu\text{g/kg p.s.}$	28.692	8.820	46.982	13.540	46

En el sedimento, ninguno de los valores promedio de las seis áreas analizadas en esta demarcación supera el valor establecido para el cadmio como ERL (1.200 $\mu\text{g/kg p.s.}$) ni siquiera el BAC (150 $\mu\text{g/kg p.s.}$) (Figura 37). Únicamente se encontraron 2 muestras, una en Almería y otra en Algeciras, que superaron el BAC.

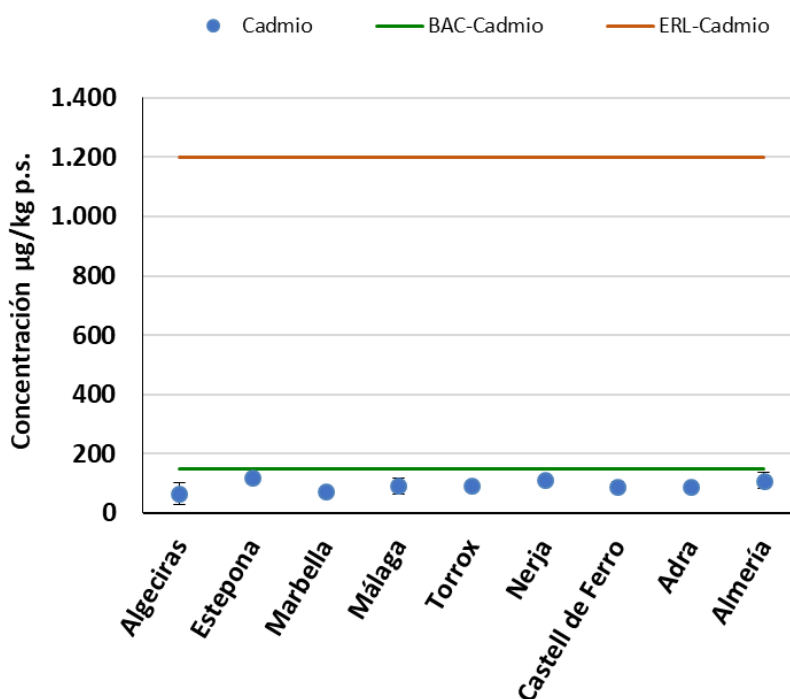


Figura 37. Concentración (valor medio $\pm$ desviación estándar) de cadmio en sedimento marino del área PC de la DMESAL ($\mu\text{g/kg p.s.}$) muestreados los años 2013 y 2015, y el valor BAC y ERL.

En el caso del plomo en el sedimento, ninguno de los valores promedio de las áreas analizadas en esta demarcación supera el valor establecido como ERL ($46.700 \mu\text{g/kg p.s.}$) (Figura 38). Solo las áreas de Castell de Ferro y Almería superan el BAC ($30.000 \mu\text{g/kg p.s.}$), mientras que el resto de las áreas están por debajo del BAC. Además, únicamente 1 de las 10 muestras de Almería supera el ERL ($46.982 \mu\text{g/kg p.s.}$) (ver Figura 39).

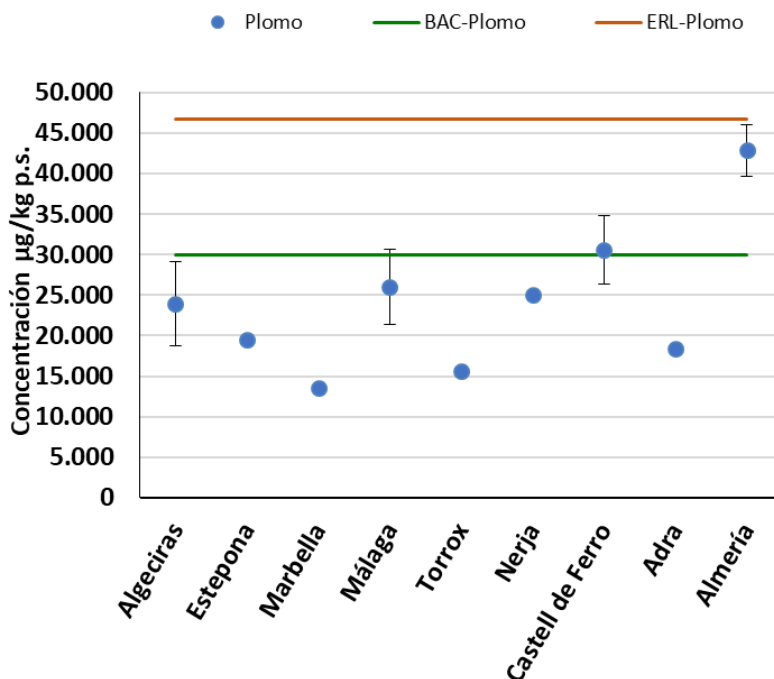


Figura 38. Concentración (valor medio $\pm$ desviación estándar) de plomo en sedimento marino del área PC de la DMESAL ($\mu\text{g/kg p.s.}$) muestreados los años 2013 y 2015, y el valor BAC y ERL.

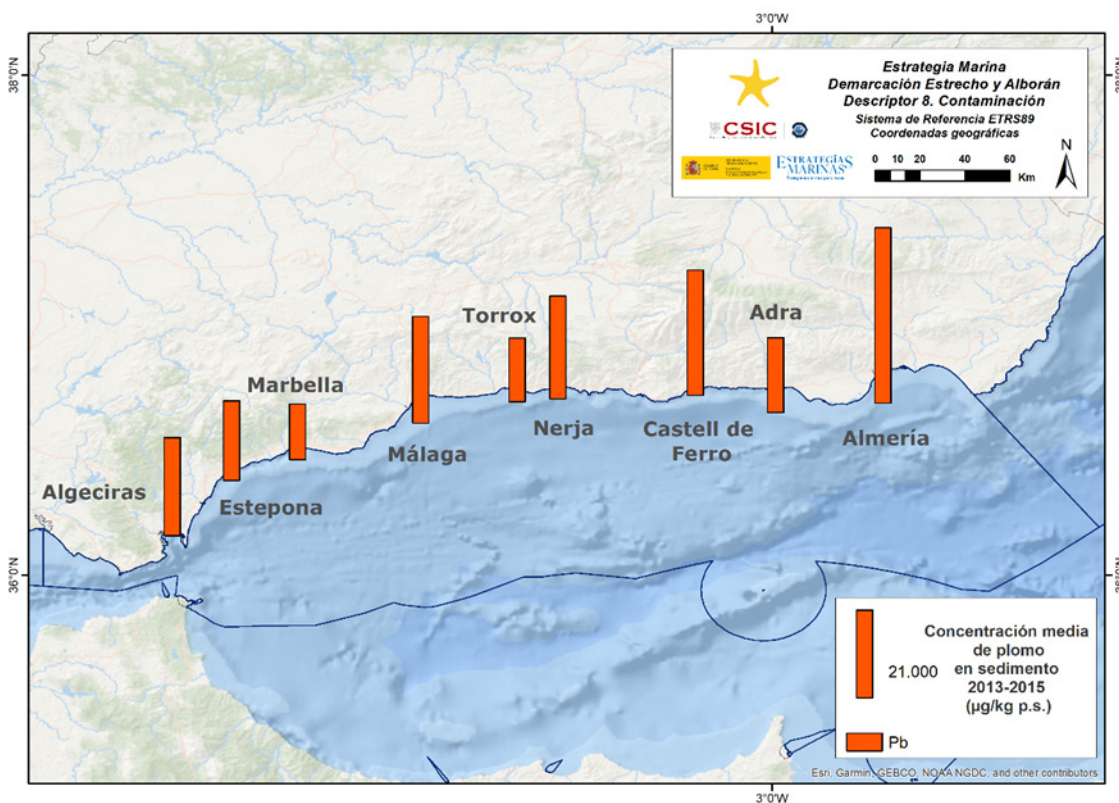


Figura 39. Distribución espacial de la concentración media de plomo ($\mu\text{g/kg p.s.}$) en sedimento marino del área PC de la DMESAL muestreados los años 2013 y 2015.

Concentración en biota (CONC-B), mejillón *Mytilus galloprovincialis*: área PC

Tabla 72. Concentraciones de cadmio y plomo en mejillón silvestre del área PC de la DMESAL muestreados el año 2019 (mg/kg p.s.).

CONC-B mejillón	Unidades	Media	SD	Máximo	Mínimo	N
Cadmio	mg/kg p.s.	0,551	0,230	0,886	0,304	12
Plomo	mg/kg p.s.	3,438	3,853	10,357	0,988	12

En mejillón, los valores promedio más bajos de cadmio se registraron en Algeciras, con 0,331 mg/kg de peso seco, mientras los niveles más altos se encontraron en La Herradura, con 0,879 mg/kg p.s. Es importante destacar que todos los valores dentro de esta demarcación están por debajo del BAC (1,088 mg/kg p.s.), como se muestra en la Figura 40.

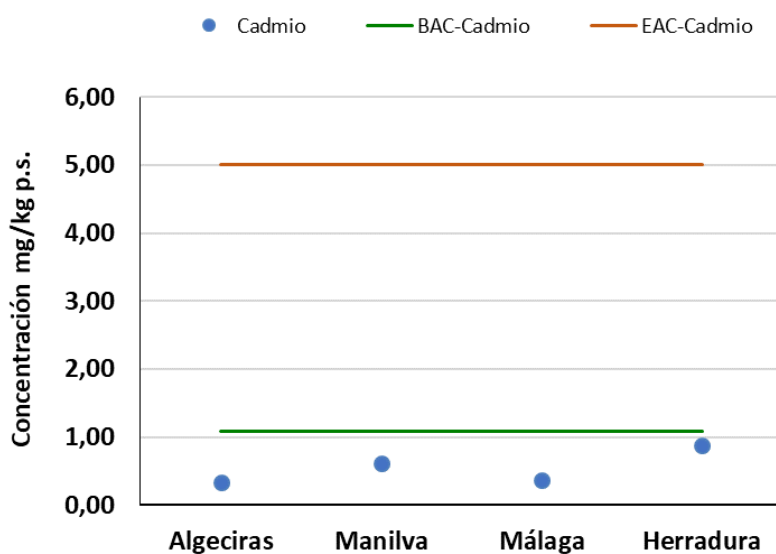


Figura 40. Concentración (valor medio $\pm$ desviación estándar) de cadmio en mejillón silvestre del área PC de la DMESAL (mg/kg p.s.) muestreados el año 2019, y el valor BAC y EAC para este mismo elemento.

En cuanto al plomo en la matriz de mejillón, se observaron los valores promedio más bajos en Manilva, con 1,023 mg/kg p.s., mientras que los valores más altos se registraron en Málaga, con 9,787 mg/kg p.s. Señalar que la estación de Málaga supera los niveles establecidos como EAC (7,500 mg/kg p.s.), como se muestra en la Figura 41 y la Figura 42.

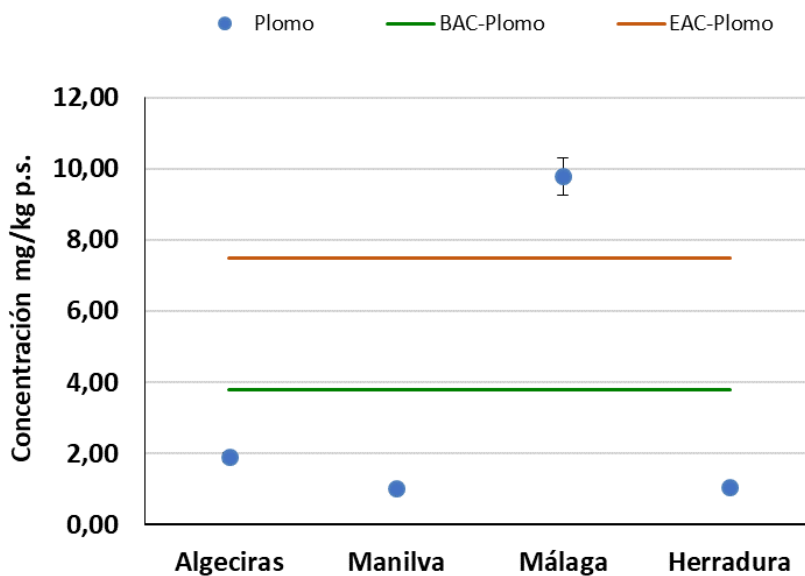


Figura 41. Concentración (valor medio $\pm$ desviación estándar) de plomo en mejillón silvestre del área PC de la DMESAL (mg/kg p.s.) muestreados el año 2019, y el valor BAC y EAC para este mismo elemento.

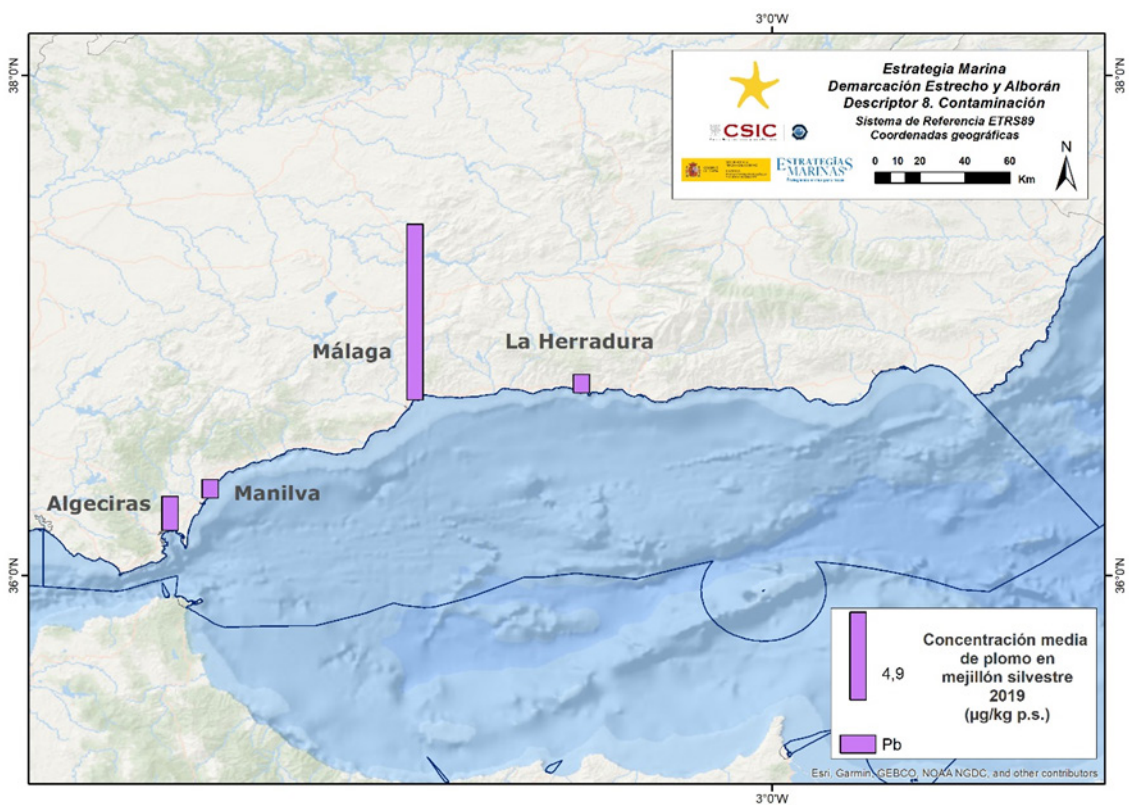


Figura 42. Distribución espacial de la concentración media de plomo ($\mu\text{g/kg p.s.}$) en mejillón silvestre del área PC de la DMESAL muestreados el año 2019.

Concentración en biota (CONC-B-MU), músculo de salmonete *Mullus barbatus*: área PC

Tabla 73. Concentraciones de cadmio y plomo en salmonete de fango del área PC de la DMESAL muestreados el año 2015 (mg/kg p.s.).

*Límites de detección (cadmio: $0,005 \text{ mg/kg p.s.}$ y plomo: $0,05 \text{ mg/kg p.s.}$).

CONC-B-MU salmonete	Unidades	Media	SD	Máximo	Mínimo	N
Cadmio	mg/kg p.s.	$<0,005^*$	-	$<0,005^*$	$<0,005^*$	36
Plomo	mg/kg p.s.	0,090	0,113	0,677	$<0,05^*$	36

En la matriz salmonete, todos los valores de cadmio fueron inferiores al límite de detección del equipo, que es de $0,005 \text{ mg/kg peso seco}$. Por lo tanto, todos los valores se encuentran por debajo del BAC establecido en $0,008 \text{ mg/kg p.s.}$ (Figura 43).

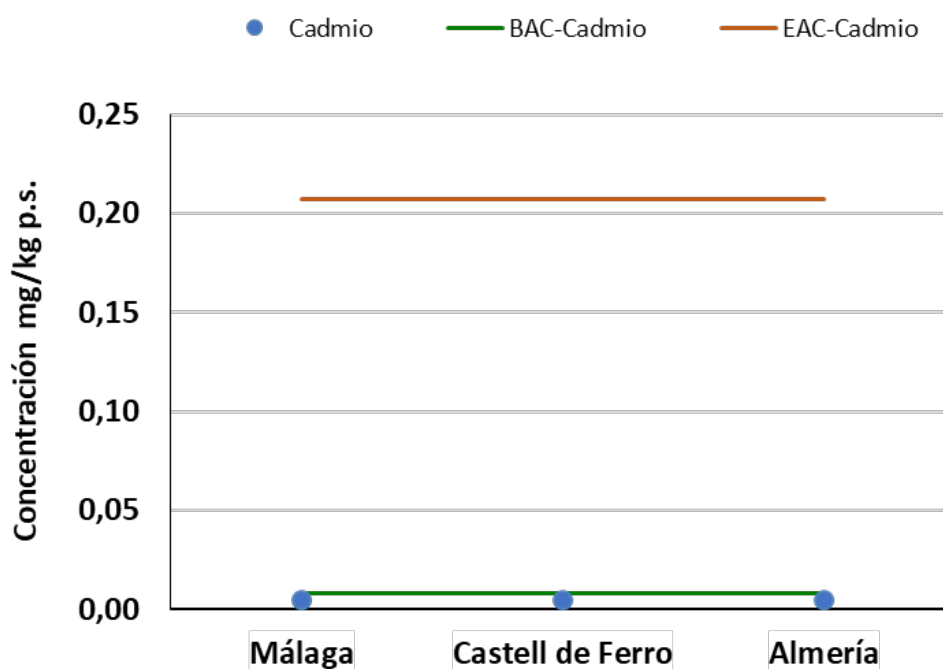


Figura 43. Concentración (valor medio $\pm$ desviación estándar) de cadmio en salmonete de fango del área PC de la DMESAL (mg/kg p.s.) muestreados el año 2015, y el valor BAC y EAC para este mismo elemento.

Los niveles de plomo en salmonete muestran valores cercanos a los valores basales (BAC) y están considerablemente por debajo del umbral establecido EAC, como se ilustra en la Figura 44.

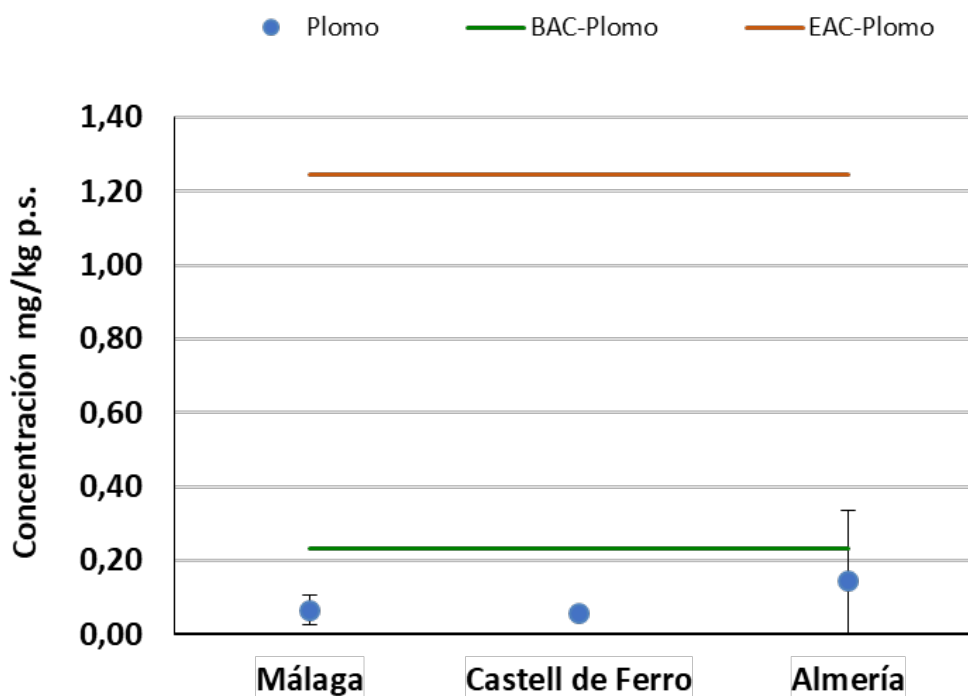


Figura 44. Concentración (valor medio $\pm$ desviación estándar) de plomo en salmonete de fango del área PC de la DMESAL (mg/kg p.s.) muestreados el año 2015, y el valor BAC y EAC para este mismo elemento.



Tendencia de los valores obtenidos para el parámetro

La tendencia para el cadmio y plomo se ha evaluado en mejillón. De este análisis se deduce que en Algeciras y Manilva no se observa una tendencia estadísticamente significativa, lo que indica estabilidad en los niveles de cadmio y plomo. En Málaga, se ha identificado una tendencia estadísticamente significativa de disminución de los niveles de cadmio (mejora), mientras que los niveles de plomo muestran un aumento (deterioro). Por último, en La Herradura, los niveles de cadmio han permanecido estables durante los últimos años, mientras que los de plomo muestran una tendencia decreciente estadísticamente significativa (Tabla 74).

Tabla 74. Tendencias temporales en mejillón silvestre del área PC de la DMESAL para el cadmio y plomo. ↔ Estable; ↗ Mejora; ↘ En deterioro; n.r. no relevante; ¿? Desconocido.

Estación	Cadmio	Plomo	Años muestreados	Primer año	Último año
Algeciras	↔	↔	10	2008	2019
Manilva	↔	↔	10	2008	2019
Málaga	↗	↘	9	2008	2019
La Herradura	↔	↗	8	2008	2019

Consecución del parámetro

Tabla 75. Consecución del parámetro en relación con la evaluación de los metales no uPBT, cadmio y plomo, en las muestras de sedimento marino, mejillón silvestre y salmonete de fango del área PC de la DMESAL.

■ Sí (≤5 % muestras sobrepasan el EAC); ■ No (>5 % muestras sobrepasan el EAC); ■ Desconocido (cuando no existe valor EAC establecido); ■ No evaluado (no existe un número representativo de muestras para realizar la evaluación).

Contaminantes no uPBT	CONC-S-2000	CONC-B mejillón	CONC-B-MU salmonete
Cadmio	■	■	■
Plomo	■	■	■

Las concentraciones de cadmio y plomo se han clasificado según los niveles basales (BAC) y las concentraciones con efecto potencial (EAC para organismos y ERL para sedimento) (Tabla 76). En cuanto al cadmio en el sedimento, se observa que ninguna de las muestras sobrepasa el valor de ERL establecido, cumpliendo así con el valor umbral. En el caso del cadmio en mejillón, todas las muestras se encuentran por debajo del BAC. Del mismo modo, en el caso del salmonete, todas las muestras también están por debajo del BAC, cumpliendo así con el valor umbral tanto para salmonete como para mejillón.

Por otro lado, en el caso del plomo en sedimento, una muestra supera el valor ERL, lo que supone únicamente el 2 % de las muestras, por lo que sí cumple valor umbral. Sin embargo, al considerar los niveles de plomo en mejillón, la muestra de Málaga supera el valor EAC, lo que supone un 25 % de las muestras de esta demarcación, incumpliendo el valor umbral. Finalmente, en el caso del salmonete, ninguna de las muestras supera el valor de EAC por lo que se cumple con el valor umbral.



Tabla 76. Porcentaje de muestras del área PC de la DMESAL, según los criterios de evaluación propuestos de BAC y EAC/ERL para el cadmio y plomo.

	Parámetro	< BAC (%)	>BAC y <EAC/ERL (%)	>EAC/ERL (%)
Cadmio	CONC-S-2000	96	4	0
	CONC-B mejillón	100	0	0
	CONC-B-MU salmonete	100	0	0
Plomo	CONC-S-2000	61	37	2
	CONC-B mejillón	75	0	25
	CONC-B-MU salmonete	92	8	0

5.1.3. Evaluación a nivel (sub)regional: D8C1

En el marco del Convenio de Barcelona se lleva a cabo una evaluación ecosistémica del Mediterráneo a través de su Programa Integrado de Vigilancia y Evaluación del Mar y la Costa del Mediterráneo y de las áreas marinas protegidas (IMAP-MPA). Este programa está en línea con la DMEM. Se han definido una serie de indicadores y objetivos ecológicos. Dentro del objetivo ambiental E09, que busca garantizar que los contaminantes no causen ningún impacto significativo en los ecosistemas costeros y marinos, así como en la salud humana, se ha evaluado el indicador común CI17 (concentración de contaminantes nocivos en la matriz correspondiente).

En el documento UNEP/MED WG.568/inf.16 se presentan los resultados del Informe del estado del Mediterráneo 2023 (QSR) para el objetivo de contaminación EO9. Para la evaluación del indicador CI17 el Mediterráneo occidental se dividió en tres subdivisiones de acuerdo con el IHO (Organización Hidrográfica Internacional). Una de esas subdivisiones fue el mar de Alborán, donde se incluye la demarcación Estrecho y Alborán. La metodología empleada por el IMAP define dos zonas de evaluación:

- 1) las aguas costeras: incluidos todos los accidentes (bahías, golfos...) desde la línea de base recta hacia tierra, así como la zona de 1 milla náutica desde la línea recta de base hacia el mar (en diferentes fuentes bibliográficas, esta zona de 1 milla náutica también se denomina zona de amortiguamiento)
- 2) las aguas abiertas: incluida el área más allá de 1 milla náutica hacia el mar hasta la estación de monitoreo más distante definida en los programas nacionales de seguimiento del IMAP.

Esta evaluación se ha realizado utilizando la información proporcionada por España y otros países ribereños disponible en la base de datos de INFO-RAC ¹. Para llevar a cabo la evaluación, se utilizó la información disponible sobre las matrices, los contaminantes y la superficie de la demarcación, la cual fue agregada mediante el software denominado NEAT (herramienta anidada para la evaluación del estado ambiental²). El uso de la herramienta NEAT para la evaluación del BEA define para el estado ambiental diferentes categorías integrando todos los datos de contaminantes: alto (0,8< puntuación<1), bueno (0,6< puntuación<0,8), moderado (0,4< puntuación<0,6), pobre (0,2< puntuación<0,4) y malo (puntuación<0,2).

¹ <http://www.info-rac.org/en/infomap-system/imap-pilot-platform>

² www.devotes-project.eu/neat



En el caso de España los datos empleados para la evaluación por el IMAP corresponden a aguas costeras en mejillón para mercurio, cadmio y plomo.

La evaluación detallada por contaminantes y matriz arrojó los siguientes resultados:

- para el cadmio en mejillón un valor de 0,905 (alto).
- para el mercurio en mejillón un valor de 0,497 (moderado).
- para el plomo en mejillón un valor de 0,702 (bueno).

La puntuación alcanzada por la demarcación ($>0,7$) arrojó un valor de estado ambiental para la demarcación de “bueno” (Figura 45).

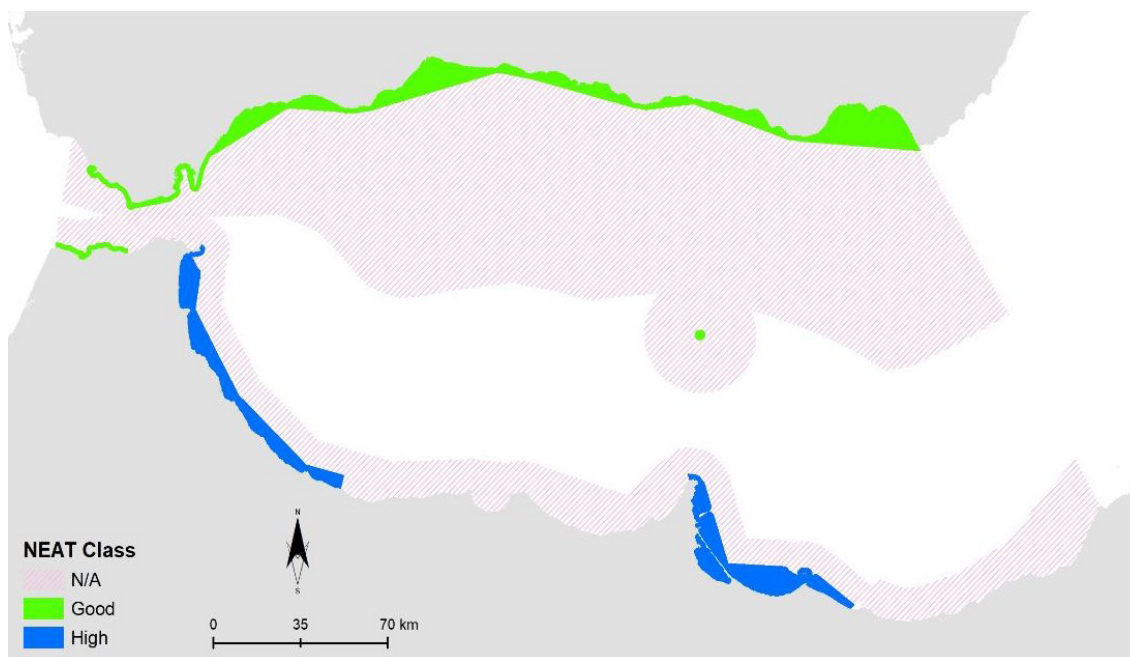


Figura 45. Resultado de la evaluación de la demarcación marina del Estrecho y Alborán empleando el programa NEAT.



5.2. Evaluación por elemento y criterio a nivel de demarcación marina: D8C2. Efectos de contaminantes sobre sobre hábitats y especies

Área de evaluación

Zona próxima a costa de la demarcación marina del Estrecho y Alborán (MWE-ES-SD-ESAL-PC).

Metodología de evaluación e indicadores relacionados

La evaluación está basada en un grupo de elementos relacionados con la exposición a contaminantes químicos que cubre parcialmente el conjunto de componentes/procesos/actividades/presiones que deben ser objeto de seguimiento. Dichos elementos se basan en la medida de una serie de respuestas biológicas a bajo nivel de organización ecológica (mayoritariamente respuestas subcelulares), denominadas biomarcadores y que se usan como indicadores en los programas de seguimiento de los efectos de la contaminación.

La evaluación de los datos obtenidos requiere el uso de niveles de referencia para identificar aquellas poblaciones con baja o nula incidencia antropogénica, como para aquellas en las que la exposición pueda o haya ocasionado un efecto adverso.

Los criterios de valoración utilizados son en su mayor parte los adoptados por organismos internacionales, denominados criterios basales BAC (del inglés *Background Assessment Criteria*) y EAC (criterios ambientales de evaluación, *Environmental Assessment Criteria*).

El concepto de BAC (límite del ruido residual de la medición encontrado a partir de respuestas en las especies centinela procedentes de ambientes relativamente limpios) es aplicable a todos los biomarcadores.

El concepto de EAC (límite en los niveles de respuesta por debajo/encima de los cuales las respuestas se consideran inaceptables por representar una probabilidad alta de afectar de manera negativa en niveles más altos de organización biológica) es aplicable para algunas mediciones de efectos biológicos, y éstas han sido denominadas “biomarcadores de efecto”. Sin embargo, en ciertos biomarcadores, el enlace a los efectos de nivel de organización biológica superior es menos claro y no se han podido definir valores EAC. Estos han sido denominados “biomarcadores de exposición”, ya que el grado de respuesta está relacionado de manera indirecta con el grado de exposición a sustancias peligrosas.

De esta forma se define un sistema de tres niveles de calidad para los valores de estos biomarcadores:

Tabla 77. Niveles de calidad para los valores de biomarcadores y correspondencia con BEA.

Valor		Estado
Valor < T0	El biomarcador presenta una respuesta mayor al nivel basal, por lo que el estado del sistema es adecuado.	BEA
T0 < Valor < T1	El biomarcador tiene un valor tal que se puede asumir que hay poco o ningún riesgo para los organismos y las especies que allí habitan, a nivel de población o de comunidad. El estado del sistema es todavía aceptable, aunque se ha constatado una desviación significativa respecto a los niveles basales, sin que suponga un riesgo cierto para el medio.	BEA
Valor > T1	El biomarcador muestra un posible riesgo para el medio ambiente y para las especies que allí habitan. Por tanto, el estado del sistema no es aceptable.	No BEA



Para la especie objetivo *Mullus barbatus*, existen unos criterios de valoración de la respuesta basal (BAC) de tres biomarcadores de contaminación ambiental (actividad EROD en hígado, actividad AChE en cerebro y frecuencia de MN en sangre) (Davies and Vethaak., 2012; Vethaak et al., 2017).

La tendencia para los parámetros se ha evaluado usando las bases de datos que existen para ellos desde 2008, y que llega hasta 2019. Los resultados obtenidos en el test de tendencia de Tau-b de Kendall establecen si se trata de tendencias estadísticamente significativas o no.

5.2.1. Evaluación por elemento y criterio a nivel de demarcación marina, D8C2. Biomarcadores

5.2.1.1. Concentración de metalotioneínas en glándula digestiva en mejillón *Mytilus galloprovincialis*

Resultados de la evaluación del tercer ciclo

Tabla 78. Resultados de la evaluación del tercer ciclo de la concentración de MT en glándula digestiva, para la especie *Mytilus galloprovincialis*, del área PC de la DMESAL.

Estado: ■ Se alcanza el BEA; ■ No se alcanza el BEA; ■ Desconocido (no existe un valor EAC establecido); ■ No evaluado

Biomarcador	Mejillón
Concentración de MT en glándula digestiva (CONC-B-OT)	

Metodología de evaluación e indicadores

- CONT-MT, exposición a metales.

Parámetros utilizados

- Efectos adversos sobre especies o hábitats marinos (PrevEnvAdvEffectsSppHab): concentración de metalotioneínas (MT) en glándula digestiva (CONC-B-OT).

Valores umbral

Tabla 79. Criterio seleccionado como nivel basal para la evaluación de la concentración de metalotioneínas relacionado con la contaminación química en mejillón silvestre (*M. galloprovincialis*) del área PC de la DMESAL. * UNEP(DEPI)/MED IG.23/2. Report of the 20th Ordinary Meeting of the Contracting Parties to the Convention for the Protection of the Marine Environment and the Coastal Region of the Mediterranean and its Protocols, Decisions IG.23/6 (COP 20). Niveles EAC para biomarcadores en el Mediterráneo basados en sus respectivos valores adoptados por el convenio OSPAR.

Biomarcador	Mejillón	
	BAC*	EAC
Concentración de MT en glándula digestiva (µg/g)	247	-



Valores obtenidos en mejillón

Tabla 80. Valores de MT en glándula digestiva en mejillón silvestre del área PC de la DMESAL muestreados el año 2015.

Biomarcador	Año	Unidades	Media	SD	Máximo	Mínimo	N
Concentración MT	2015	µg/g	157,7	37,8	252,5	99,1	40

Las concentraciones de metalotioneínas en todas las estaciones estuvieron por debajo de los establecidas como valores basales (Figura 46).

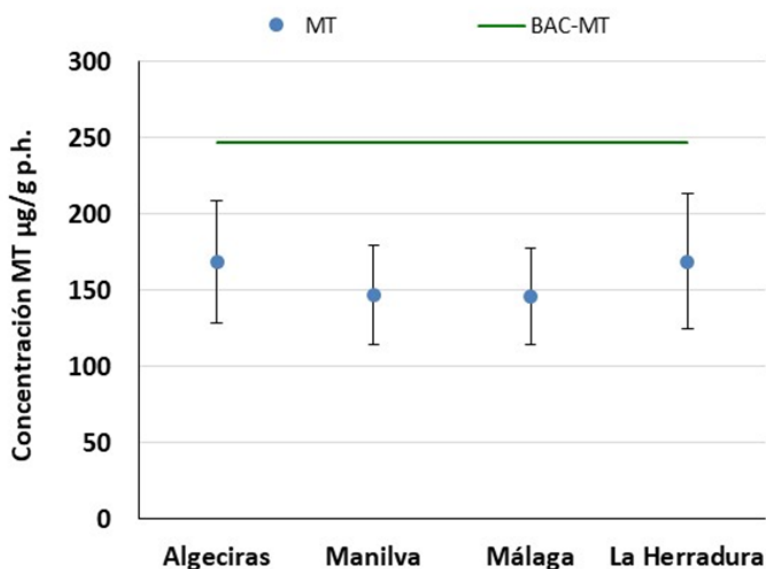


Figura 46. Valores medios ($\pm$ desviación estándar) de la concentración de metalotioneínas en mejillón silvestre del área PC de la DMESAL muestreados el año 2015. Se incluyen los valores establecidos de BAC por MEDPOL.

Tendencia de los valores obtenidos para el parámetro

La tendencia obtenida para este ciclo del biomarcador MT es estable.

Tabla 81. Tendencias temporales en mejillón silvestre del área PC de la DMESAL para MT.

↔ Estable; ↗ Mejora; ↘ En deterioro; n.r. no relevante; ¿? Desconocido (datos insuficientes)

	Algeciras	Manilva	Málaga	La Herradura	Años muestreados	Primer año	Último año
MT	↔	↔	↔	↔	8	2008	2015



Consecución del parámetro

Tabla 82. Consecución del parámetro con relación a la evaluación de concentración de MT en *Mytilus galloprovincialis*, del área PC de la DMESAL.

■ Sí (≤ 5 % muestras sobrepasan el EAC); ■ No (> 5 % muestras sobrepasan el EAC); ■ Desconocido (cuando no existe valor EAC establecido); ■ No evaluado (no existe un número representativo de muestras para realizar la evaluación).

Biomarcador	Mejillón
Concentración de MT en glándula digestiva	

Los resultados del biomarcador metalotioneínas (MN), biomarcador de exposición, se ha clasificado atendiendo a los valores con efecto potencial (EAC). El 97,5 % de los resultados son inferiores al valor de BAC o, lo que es lo mismo, similares a los de zonas de referencia por lo que a pesar de no existir un valor definido de EAC que indique toxicidad, este parámetro podría considerarse conseguido.

Tabla 83. Porcentaje de muestras del área PC de la DMESAL según el criterio de evaluación propuesto para concentración de MT en mejillón.

Biomarcador	Adecuada	Moderada	No aceptable
	< BAC (%)	> BAC (%)	
MT	97,5	2,5	

5.2.1.2. Actividad acetilcolinesterasa en branquias mejillón *Mytilus galloprovincialis*

Resultados de la evaluación del tercer ciclo

Tabla 84. Resultados de la evaluación del tercer ciclo para la actividad AChE para la especie *Mytilus galloprovincialis*, del área PC de la DMESAL.

Estado: ■ Se alcanza el BEA; ■ No se alcanza el BEA; ■ Desconocido (no existe un valor EAC establecido); ■ No evaluado

Biomarcador	Mejillón
Actividad AChE en branquias (ENZ-B-GI)	

Metodología de evaluación e indicadores

- CONT-AChE, neurotoxicidad. Para la AChE existe un valor EAC definido y se mantiene un valor umbral del 95 % total de los casos sin riesgo ($< T1$) para alcanzar el BEA.

Parámetros utilizados

- Efectos adversos sobre especies o hábitats marinos (PrevEnvAdvEffectsSppHab): actividad acetilcolinesterasa (AChE) en branquias (ENZ-B-GI).



Valores umbral

Tabla 85. Criterio seleccionado como nivel basal y valor de referencia para la evaluación de la actividad AChE relacionada con la contaminación química en mejillón silvestre (*M. galloprovincialis*) del área PC de la DMESAL. UNEP(DEPI)/MED IG.23/2. Report of the 20th Ordinary Meeting of the Contracting Parties to the Convention for the Protection of the Marine Environment and the Coastal Region of the Mediterranean and its Protocols, Decisions IG.23/6 (COP 20). Niveles EAC para biomarcadores en el Mediterráneo basados en sus respectivos valores adoptados por el convenio OSPAR.

Biomarcador	Mejillón	
	BAC	EAC
Actividad AChE en branquias ($\text{nmol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{mg prot}^{-1}$)	15	10

Valores obtenidos en mejillón

Tabla 86. Valores de actividad AChE en mejillón silvestre del área PC de la DMESAL muestreados el año 2015.

Biomarcador	Año	Unidades	Media	SD	Máximo	Mínimo	N
Actividad AChE	2015	$\text{nmol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{mg prot}^{-1}$	19,3	7,4	34,1	5,9	40

En cuanto a la actividad enzimática AChE, se observa que la mayor inhibición se produce en la estación de Algeciras, con valores entorno al EAC. Esta inhibición nos indica que la población de este organismo se está viendo afectada por la contaminación presente en esa área (Figura 47).

La distribución espacial de la actividad enzimática AChE analizada en branquia de mejillón silvestre del área PC de la DMESAL se muestra en el mapa representado en la Figura 48.

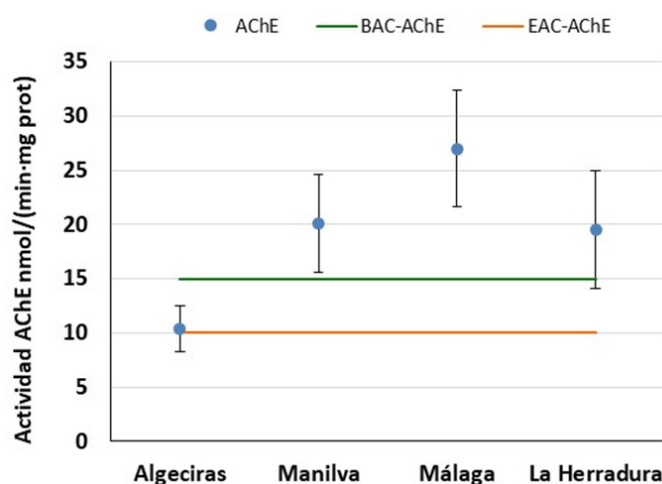


Figura 47. Valores medios ($\pm$ desviación estándar) de la actividad enzimática AChE, en mejillón silvestre del área PC de la DMESAL muestreados el año 2015. Se incluyen los valores establecidos de BAC y EAC por MEDPOL.

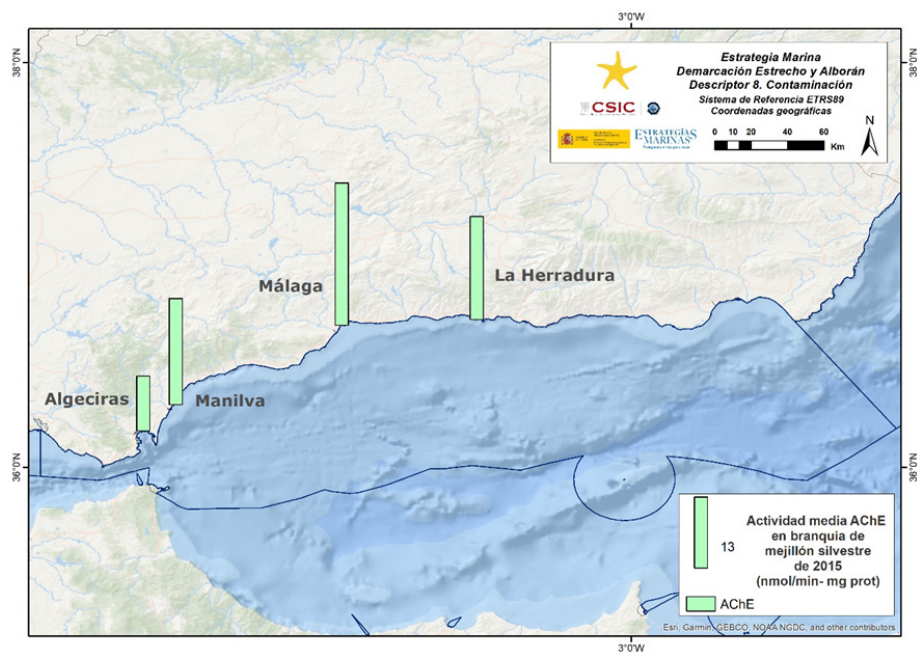


Figura 48. Distribución espacial del valor medio de la actividad enzimática acetilcolinesterasa (AChE) ($\text{nmol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{mg prot}^{-1}$) en branquia de mejillón silvestre del área PC de la DMESAL muestreados el año 2015.

Tendencia de los valores obtenidos para el parámetro

La tendencia del biomarcador AChE es estable.

Tabla 87. Tendencia temporal en mejillón silvestre del área PC de la DMESAL para AChE. ↔ Estable; ↗ Mejora; ↘ En deterioro; n.r. no relevante; ¿? Desconocido (datos insuficientes)

	Algeciras	Manilva	Málaga	La Herradura	Años muestreados	Primer año	Último año
AChE	↔	↔	↔	↔	8	2008	2015

Consecución del parámetro

Tabla 88. Consecución del parámetro en relación con la evaluación de la actividad AChE en *Mytilus galloprovincialis*, del área PC de la DMESAL.

■ Sí (≤ 5 % muestras sobrepasan el EAC); ■ No (> 5 % muestras sobrepasan el EAC); ■ Desconocido (cuando no existe valor EAC establecido); ■ No evaluado (no existe un número representativo de muestras para realizar la evaluación).

Biomarcador	Mejillón
Actividad AChE en branquias	■

Los resultados de actividad enzimática AChE se han clasificado atendiendo a los valores con efecto potencial (EAC) (Tabla 89). En el mejillón los individuos de la estación de Algeciras presentan un valor de actividad AChE inferior al establecido como EAC y por lo tanto una inhibición de esta enzima. Para



esta actividad indicadora de neurotoxicidad se observan valores entre el BAC y el EAC en Algeciras (Cádiz) y La Herradura (Granada). Debe puntualizarse que el número de estaciones donde se muestreó mejillón en la costa de esta demarcación es muy bajo debido a la disminución de las poblaciones de esta especie, y esto hace que las muestras de Algeciras condicionen el porcentaje de resultados inferiores al valor de EAC para la AChE.

Tabla 89. Porcentaje de muestras del área PC de la DMESAL según el criterio de evaluación propuesto para la concentración de AChE.

Biomarcador	Adecuada	Moderada	No aceptable
	> BAC (%)	<BAC y >EAC (%)	<EAC (%)
AChE	70	22,5	7,5

5.2.1.3. Frecuencia de micronúcleos en hemolinfa de mejillón *Mytilus galloprovincialis*

Resultados de la evaluación del tercer ciclo

Tabla 90. Resultados de la evaluación del tercer ciclo de frecuencia de MN en hemolinfa, para la especie *Mytilus galloprovincialis*, del área PC de la DMESAL.

Estado: ■ Se alcanza el BEA; ■ No se alcanza el BEA; ■ Desconocido (no existe un valor EAC establecido); ■ No evaluado

Biomarcador	Mejillón
Frecuencia de MN en hemolinfa (FRE)	

Metodología de evaluación e indicadores

- CONT-mn, genotoxicidad. Para la frecuencia de micronúcleos (MN) en mejillón no existe definido un valor de EAC.

Parámetros utilizados

- Efectos adversos sobre especies o hábitats marinos (PrevEnvAdvEffectsSppHab): frecuencia de micronúcleos (MN) en hemolinfa (FRE).



Valores umbral

Tabla 91. Criterio seleccionado como nivel basal para la evaluación de frecuencia de MN en hemolinfa, relacionado con la contaminación química, en mejillón silvestre (*M. galloprovincialis*) del área PC de la DMESAL. ^a UNEP(DEPI)/MED IG.22/28.Report of the 19th Ordinary Meeting of the Contracting Parties to the Convention for the Protection of the Marine Environment and the Coastal Region of the Mediterranean and its Protocols. Decisions IG.22/7 (COP 19).

Biomarcador	Mejillón	
	BAC	EAC
Frecuencia de MN en hemolinfa (%)	3,9 ^a	-

Valores obtenidos en mejillón

Tabla 92. Valores de frecuencia de micronúcleos en hemolinfa en mejillón silvestre del área PC de la DMESAL muestreados los años 2015 y 2019.

Biomarcador	Año	Unidades	Media	SD	Máximo	Mínimo	N
Frecuencia MN	2019	‰	1,7	2,0	8,7	0,0	43

Con respecto a los resultados del estudio de la frecuencia de micronúcleos, la mayoría de los valores son inferiores al valor BAC establecido y no existen diferencias entre las 4 estaciones estudiadas (Figura 49).

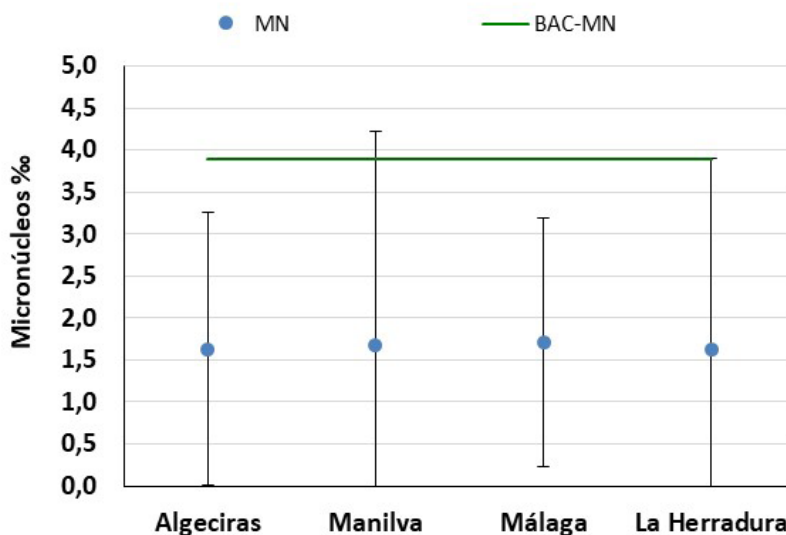


Figura 49. Valor medio ($\pm$ desviación estándar) del biomarcador frecuencia de micronúcleos (MN) en mejillón silvestre del área PC de la DMESAL muestreados el año 2019, y el valor BAC establecido por MEDPOL.



Tendencia de los valores obtenidos para el parámetro

La tendencia para este biomarcador es estable.

Tabla 93. Tendencia temporal en mejillón silvestre del área PC de la DMESAL para este biomarcador.

↔ Estable; ↗ Mejora; ↘ En deterioro; n.r. no relevante; ¿? Desconocido (datos insuficientes).

	Algeciras	Manilva	Málaga	La Herradura	Años muestreados	Primer año	Último año
MN	↔	↔	¿?	↔	5	2011	2019

Consecución del parámetro

Tabla 94. Consecución del parámetro con relación a la evaluación del biomarcador en *Mytilus galloprovincialis*, del área PC de la DMESAL.

■ Sí (≤5 % muestras sobrepasan el EAC); ■ No (>5 % muestras sobrepasan el EAC); ■ Desconocido (cuando no existe valor EAC establecido); ■ No evaluado (no existe un número representativo de muestras para realizar la evaluación).

Biomarcador	Mejillón
Frecuencia de MN en hemolinfa	■

Los resultados de la frecuencia de micronúcleos (MN), se han clasificado atendiendo a los valores con efecto potencial (EAC) (Tabla 95).

Tabla 95. Porcentaje de muestras del área PC de la DMESAL según el criterio de evaluación propuesto para MN.

Biomarcador	Adecuada	Moderada
	< BAC (%)	> BAC (%)
MN	88,4	11,6

5.2.1.4. Estabilidad de la membrana lisosomal en hemolinfa de mejillón *Mytilus galloprovincialis*

Resultados de la evaluación del tercer ciclo

Tabla 96. Resultado del tercer ciclo de la evaluación de EML en hemolinfa, para la especie *Mytilus galloprovincialis*, del área PC de la DMESAL.

Estado: ■ Se alcanza el BEA; ■ No se alcanza el BEA; ■ Desconocido (no existe un valor EAC establecido); ■ No evaluado

Biomarcador	Mejillón
EML en hemolinfa (DUR)	■



Metodología de evaluación e indicadores

– CONT-LMS, citotoxicidad

Para la estabilidad de la membrana lisosomal (EML) se ha llevado a cabo una valoración espacial agregada, la cual consiste en una valoración en dos niveles de agregación.

- En el primer nivel (estación de muestreo), se ha realizado la valoración utilizando los límites del intervalo de confianza para la media (caso EML). Si el valor del límite inferior del intervalo de confianza para la media es inferior al valor del EAC se establece que la estación no cumple el BEA (rojo), si es superior al EAC, entonces la estación cumple el BEA (verde).
- En el segundo nivel de agregación, la valoración se ha realizado atendiendo al porcentaje de estaciones que cumplen el BEA en la demarcación. Si el porcentaje es mayor del 95 %, entonces la demarcación cumpliría el BEA para ese biomarcador.

Parámetros utilizados

- Efectos adversos sobre especies o hábitats marinos (PrevEnvAdvEffectsSppHab): estabilidad de la membrana lisosomal (EML) en hemolinfa (DUR).

Valores umbral

Tabla 97. Criterios seleccionados como niveles basales y valores de referencia para la evaluación EML en hemolinfa en mejillón silvestre (*M. galloprovincialis*) del área PC de la DMESAL. UNEP(DEPI)/MED IG.23/2. Report of the 20th Ordinary Meeting of the Contracting Parties to the Convention for the Protection of the Marine Environment and the Coastal Region of the Mediterranean and its Protocols, Decisions IG.23/6 (COP 20). Niveles EAC para biomarcadores en el Mediterráneo basados en sus respectivos valores adoptados por el convenio OSPAR.

Biomarcador	Mejillón	
	BAC	EAC
EML en hemolinfa (min)	120	50

Valores obtenidos en mejillón

Tabla 98. Valores de la EML en hemolinfa en mejillón silvestre del área PC de la DMESAL muestreados el año 2019. ^a Intervalo de confianza para la media.

Biomarcador	Año	Unidades	Media	SD	Máximo	Mínimo	N
EML	2019	min	70,8 (87,2-105,3) ^a	49,7	180	0	64

Los resultados del biomarcador de estabilidad de la membrana lisosomal (EML) muestran como la población de mejillones de La Herradura presenta un mayor estrés celular (con unos tiempos de retención de colorante más bajos) (Figura 50 y Figura 51). La población de mejillones de Málaga presentó los mejores resultados.

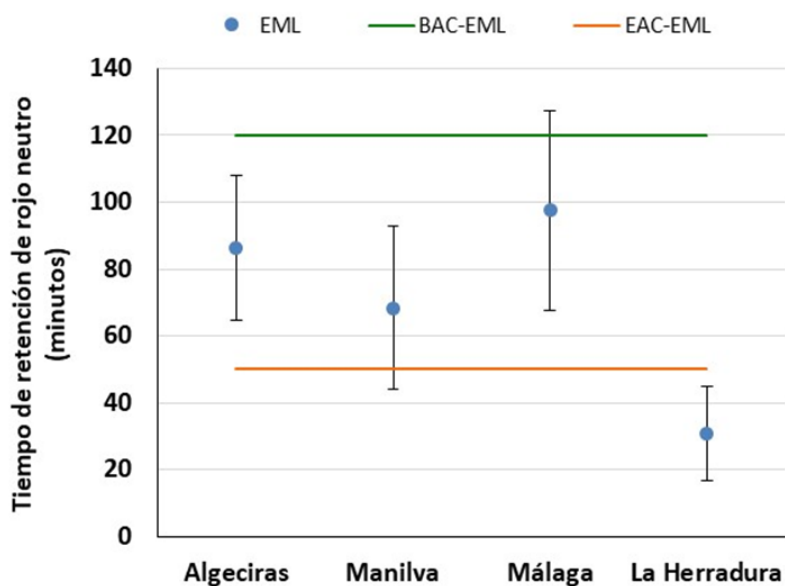


Figura 50. Valor del biomarcador, estabilidad de la membrana lisosomal (EML) (media $\pm$ intervalo de confianza para la media), en mejillón silvestre del área PC de la DMESAL, muestreados el año 2019. Se incluyen los valores BAC y EAC.

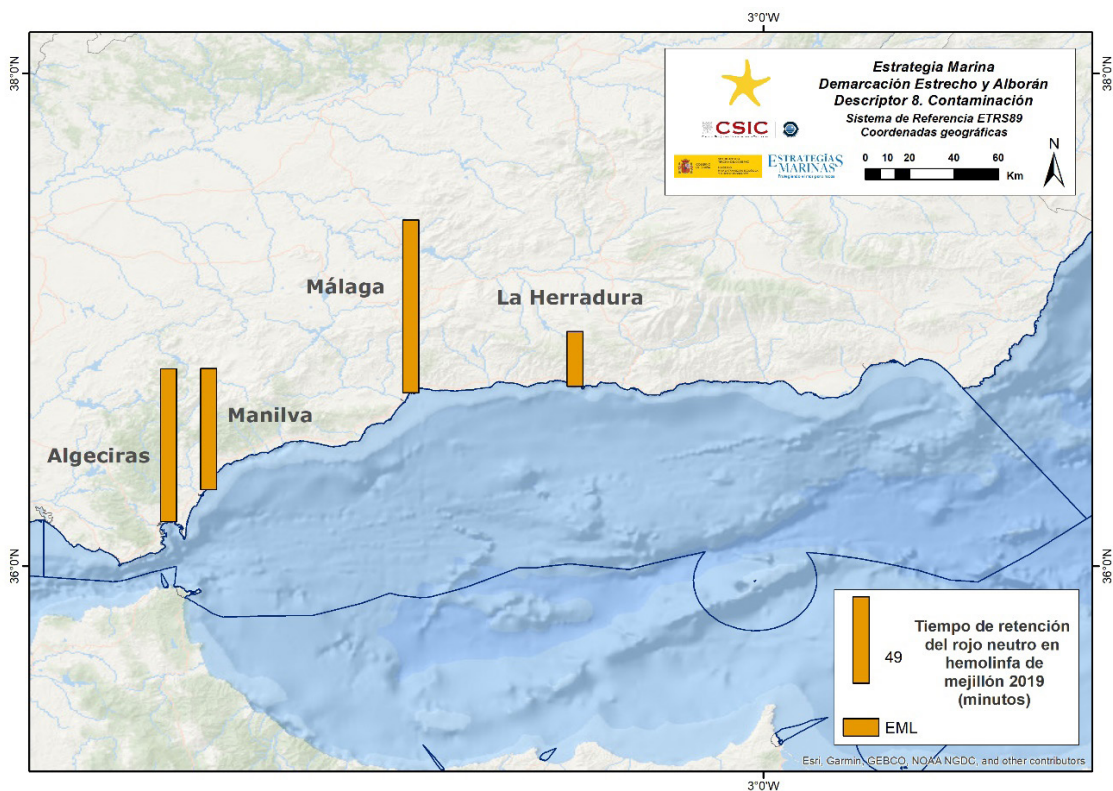


Figura 51. Distribución espacial del valor medio del biomarcador, estabilidad de la membrana lisosomal (EML), expresada como la media del tiempo de retención del rojo neutro (minutos) en hemolinfa de mejillón silvestre del área PC de la DMESAL muestreados el año 2019.



Tendencia de los valores obtenidos para el parámetro

Para el biomarcador EML, la tendencia temporal en las estaciones muestreadas en 2019 se ha evaluado atendiendo a los datos disponibles de años anteriores. En algunas estaciones no ha sido posible dado que existen datos de pocos años (Málaga) y éstos no son consecutivos (< 6 años). En el resto de las estaciones, aunque no hay datos disponibles de todos los años de manera consecutiva, se ha realizado una evaluación al disponer de series de datos más largas (> 6 años). Los resultados indican una predominancia de correlaciones muy débiles (Coeficiente de Kendall $\tau\text{-b}$ < 0,3) en todas las estaciones evaluadas. Los resultados y la naturaleza de los datos (con ausencia de datos para algunos años en la serie temporal) no permiten demostrar la existencia de tendencias significativas inequívocas en ninguna de las estaciones.

Tabla 99. Tendencias temporales en mejillón silvestre del área PC de la DMESAL para la EML. ↔ Estable; ↗ Mejora; ↘ En deterioro; n.r. no relevante; ¿? Desconocido (datos insuficientes)

	Algeciras	Manilva	Málaga	La Herradura	Años muestreados	Primer año	Último año
EML	↔	↔	¿?	↔	11	2006	2019

Consecución del parámetro

Tabla 100. Consecución del parámetro en *Mytilus galloprovincialis*, del área PC de la DMESAL.

■ Sí (≤5 % muestras sobrepasan el EAC); ■ No (>5 % muestras sobrepasan el EAC); ■ Desconocido (cuando no existe valor EAC establecido); ■ No evaluado (no existe un número representativo de muestras para realizar la evaluación).

Biomarcador	Mejillón
EML en hemolinfa	■

Los resultados para la estabilidad de la membrana lisosomal (EML) indican que en el 50 % de las estaciones (2 de 4) de la demarcación Estrecho y Alborán no se cumple el BEA. Estas estaciones son Manilva y La Herradura.

Tabla 101. Porcentaje de estaciones del área PC de la DMESAL según el criterio de evaluación propuesto para el biomarcador EML según la valoración espacial agregada a dos niveles.

Biomarcador	Adecuada	Moderada	No aceptable
	> BAC (%)	[BAC-EAC] (%)	< EAC (%)
EML	0	50	50



Tabla 102. Descripción por estaciones del área PC de la DMESAL para el biomarcador EML según la valoración espacial agregada a dos niveles.

Valoración por estaciones	EML
Algeciras	
Manilva	
Málaga	
La Herradura	

5.2.1.5. Supervivencia en condiciones aéreas de mejillón *Mytilus galloprovincialis*

Resultados de la evaluación del tercer ciclo

Tabla 103. Resultados de la evaluación del tercer ciclo de supervivencia de condiciones aéreas para la especie *Mytilus galloprovincialis*, del área PC de la DMESAL.

Estado: ■ Se alcanza el BEA; ■ No se alcanza el BEA; ■ Desconocido (no existe un valor EAC establecido); ■ No evaluado

Biomarcador	Mejillón
SoS (SUR)	

Metodología de evaluación e indicadores

- CONT-SoS, estado fisiológico. Al igual que para la estabilidad de la membrana lisosomal (EML), para la supervivencia en condiciones aéreas (SoS) se ha llevado a cabo una valoración espacial agregada, con los mismos dos niveles de agregación, pero en este caso, para el primer nivel, se considera el valor de la mediana poblacional (caso SoS) entendido como LT_{50} (el tiempo de supervivencia en condiciones aéreas del 50 % de los organismos). El segundo nivel se mantiene igual.

Parámetros utilizados

- Efectos adversos sobre especies o hábitats marinos (PrevEnvAdvEffectsSppHab): supervivencia en aire (Stress on Stress-SoS) (SUR).



Valores umbral

Tabla 104. Criterios seleccionados como niveles basales y valores de referencia SoS en mejillón silvestre (*M. galloprovincialis*) del área PC de la DMESAL. UNEP(DEPI)/MED IG.23/2. Report of the 20th Ordinary Meeting of the Contracting Parties to the Convention for the Protection of the Marine Environment and the Coastal Region of the Mediterranean and its Protocols, Decisions IG.23/6 (COP 20). Niveles EAC para biomarcadores en el Mediterráneo basados en sus respectivos valores adoptados por el convenio OSPAR.

Biomarcador	Mejillón	
	BAC	EAC
SoS (días)	11 (LT ₅₀)	5 (LT ₅₀)

Valores obtenidos en mejillón

Tabla 105. Valores de SoS en mejillón silvestre del área PC de la DMESAL muestreados el año 2019. ^b Valor de la mediana poblacional

Biomarcador	Año	Unidades	Media	SD	Máximo	Mínimo	N
SoS	2019	Días de supervivencia	6 ^b	3,7	22	2	160

Para el biomarcador supervivencia en condiciones aéreas (SoS), las LT₅₀ son claramente más bajas en las poblaciones de mejillones de La Herradura y Algeciras (Figura 52). La población de mejillones de Málaga presentó los mejores resultados.

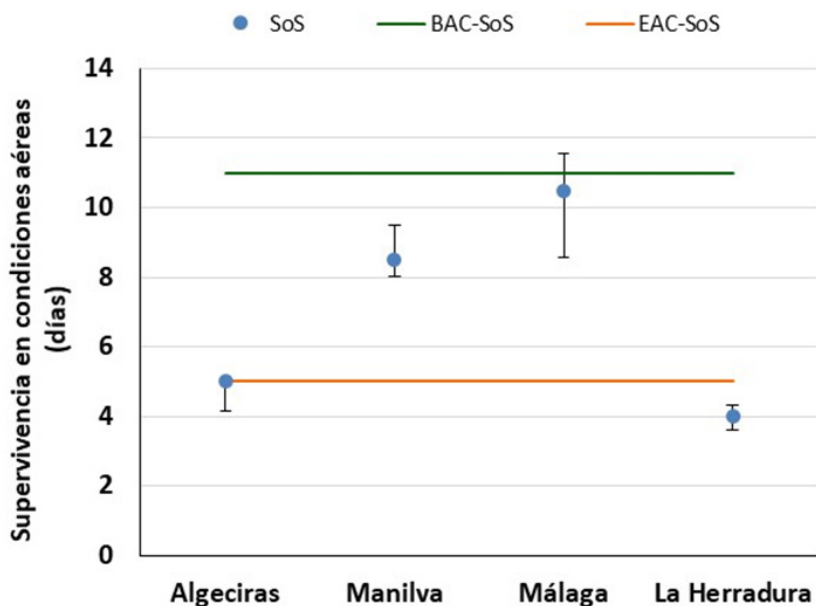


Figura 52. Valor del biomarcador, supervivencia en condiciones aéreas (SoS) (mediana ± intervalo de confianza), en mejillón silvestre del área PC de la DMESAL, muestreados el año 2019. Se incluyen los valores BAC y EAC.



Tendencia de los valores obtenidos para el parámetro

Para el biomarcador SoS, la tendencia temporal en las estaciones muestreadas en 2019 se ha evaluado atendiendo a los datos de años anteriores disponibles. En algunas estaciones no ha sido posible dado que existen datos de pocos años (Málaga) y éstos no son consecutivos (< 6 años). En el resto de las estaciones, aunque no hay datos disponibles de todos los años de manera consecutiva, se ha realizado una evaluación al disponer de series de datos más largas (> 6 años). Los resultados indican una predominancia de correlaciones muy débiles (Coeficiente de Kendall $\tau\text{-b}$ < 0,3) en todas las estaciones evaluadas. Los resultados y la naturaleza de los datos (con ausencia de datos para algunos años en la serie temporal) no permiten demostrar la existencia de tendencias significativas inequívocas en ninguna de las estaciones.

Tabla 106. Tendencia temporal en mejillón silvestre del área PC de la DMESAL para SoS.

↔ Estable; ↗ Mejora; ↘ En deterioro; n.r. no relevante; ¿? Desconocido (datos insuficientes).

	Algeciras	Manilva	Málaga	La Herradura	Años muestreados	Primer año	Último año
SoS	↔	↔	¿?	↔	11	2007	2019

Consecución del parámetro

Tabla 107. Consecución del parámetro SoS en *Mytilus galloprovincialis*, del área PC de la DMESAL.

■ Sí (≤5 % muestras sobrepasan el EAC); ■ No (>5 % muestras sobrepasan el EAC); ■ Desconocido (cuando no existe valor EAC establecido); ■ No evaluado (no existe un número representativo de muestras para realizar la evaluación).

Biomarcador	Mejillón
SoS	■

Los resultados para la supervivencia en condiciones aéreas (SoS), indican que en el 50 % de las estaciones (2 de 4) de la demarcación Estrecho y Alborán no cumplen el BEA. Estas estaciones son Algeciras y La Herradura (Tabla 108).

Tabla 108. Porcentaje de estaciones del área PC de la DMESAL según el criterio de evaluación propuesto para el biomarcador SoS según la valoración espacial agregada a dos niveles.

Biomarcador	Adecuada	Moderada	No aceptable
	> BAC (%)	[BAC-EAC] (%)	< EAC (%)
SoS	0	50	50



Tabla 109. Descripción por estaciones del área PC de la DMESAL para el biomarcador SoS según la valoración espacial agregada a dos niveles.

Valoración por estaciones	SoS
Algeciras	
Manilva	
Málaga	
Herradura	

5.2.1.6. Frecuencia de micronúcleos en eritrocitos en salmonete *Mullus barbatus*

Resultados de la evaluación del tercer ciclo

Tabla 110. Resultados de la evaluación de la frecuencia de MN en eritrocitos del tercer ciclo, para la especie *Mullus barbatus*, del área PC de la DMESAL.

Estado: ■ Se alcanza el BEA; ■ No se alcanza el BEA; ■ Desconocido (no existe un valor EAC establecido); ■ No evaluado

Biomarcador	Salmonete
Frecuencia de MN en eritrocitos (FRE)	

Metodología de evaluación e indicadores relacionados

– CONT-mn, genotoxicidad

Parámetros utilizados

– Efectos adversos sobre especies o hábitats marinos (PrevEnvAdvEffectsSppHab): frecuencia de micronúcleos (MN) en eritrocitos (FRE).

Valores umbral

Estimación del BACs: el y longitud total entre 12-18 cm.

Estimación del WAC: la frecuencia de MN es un “biomarcador de exposición”, ya que indica que se ha producido una exposición a sustancias peligrosas, pero aún no se ha podido relacionar con probables daños al organismo. En estos casos, los EACs no han sido establecidos.

En estos casos las respuestas biológicas se clasifican en 5 niveles, utilizando la altura máxima (respuesta máxima/mínima observada en estudios de campo y de laboratorio). El umbral de valoración entre la clase 3 y 4 se denomina “Warning Assessment Criteria” (WAC), y ayuda a la evaluación de los resultados de los biomarcadores de efecto. Los valores por encima de este WAC representarían niveles de respuesta que deben considerarse señales de alarma de un grado alto de exposición a



contaminantes (no cumplimiento del BEA), mientras que los valores incluidos entre BAC y WAC representarían niveles de respuesta que deben considerarse señales de alarma de un grado moderado de exposición a contaminantes.

El valor del criterio de alarma ambiental (WAC) se calcula restando al valor máximo observado en la especie en estudios de campo el valor del BAC y dividiéndolo entre 4.

Tabla 111. Niveles basales y valores de referencia para la evaluación de la frecuencia de MN en eritrocitos en salmonete de fango (*M. barbatus*) del área PC de la DMESAL. ^a Davies, Ian M.; Vethaak, Dick (2012). ^b Martínez-Gómez (2023). * Datos recogidos por el IEO en la plataforma interna mediterránea

Biomarcador	Salmonete		
	Máxima respuesta observada*	BAC*	WAC*
Frecuencia de MN en eritrocitos (‰)	11,84	0,32 ^a 0,76 ^b	2,8 ^b

Valores obtenidos en salmonete

Tabla 112. Valores de frecuencia de MN en salmonete de fango del área PC de la DMESAL muestreados el año 2015. ^a Valor de la mediana/Percentil 75

Biomarcador	Unidades	Media	SD	Error estándar	Máximo	Mínimo	N
Frecuencia MN	‰	0,25 0/0,39 ^a	0,43	0,05	2,4	0	65

Con respecto a los resultados de genotoxicidad no existen diferencias importantes en la frecuencia de micronúcleos entre las 3 poblaciones de salmonetes objeto de estudio y estaciones estudiadas (Figura 53).

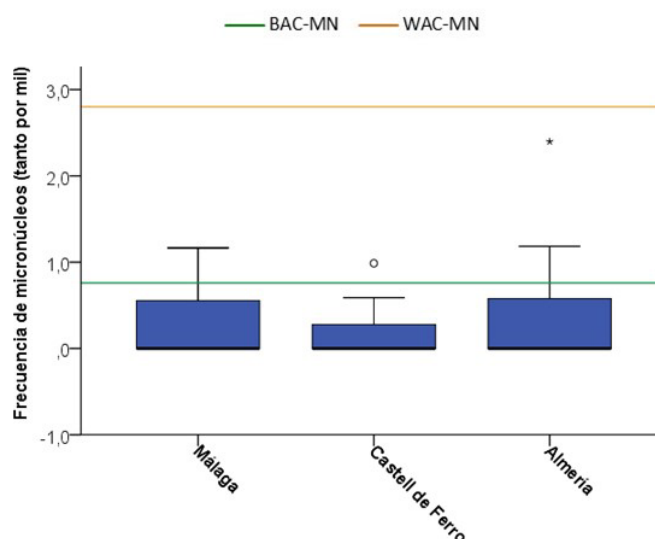


Figura 53. Diagrama de Caja-Bigotes del biomarcador frecuencia de micronúcleos (MN) en poblaciones naturales de salmonete de fango del área PC de la DMESAL muestreados el año 2015, representando la mediana, cuartiles 25 y 75, valores atípicos (círculos) y extremos (asteriscos). La línea verde representa el valor de referencia BAC y la línea naranja el valor de referencia establecido para este biomarcador en esta especie



Tendencia de los valores obtenidos para el parámetro

Debido a la falta de datos disponibles (< 6 años), actualmente no es posible realizar una evaluación de la tendencia para los biomarcadores en salmonete.

Consecución del parámetro

Tabla 113. Consecución del parámetro con relación a la evaluación de los biomarcadores en *Mullus barbatus*, del área PC de la DMESAL.

■ Sí (≤5 % muestras sobrepasan el EAC); ■ No (>5 % muestras sobrepasan el EAC); ■ Desconocido (cuando no existe valor EAC establecido); ■ No evaluado (no existe un número representativo de muestras para realizar la evaluación).

Biomarcador	Salmonete
Frecuencia de MN en eritrocitos	■

Atendiendo a la valoración de los resultados, se puede concluir que en la DMESAL se cumplió el BEA en el año 2015 (valoración espacial agregada).

Tabla 114. Porcentaje de muestras individuales de salmonete de fango del área PC de la DMESAL según el criterio de evaluación propuesto para la frecuencia de MN.

Biomarcador	< BAC (%)	>BAC y <EAC (%)	>EAC (%)
MN	89,2	10,8	0

Tabla 115. Porcentaje de áreas de muestreo de salmonete de fango del área PC de la DMESAL según el criterio de evaluación propuesto para la frecuencia de MN.

Biomarcador	Adecuada	Moderada	No aceptable
	< BAC (%)	[BAC-EAC] (%)	> WAC (%)
MN	100	0	0

Tabla 116. Descripción por estaciones de muestreo de salmonete de fango del área PC de la DMESAL para la frecuencia de MN según la valoración espacial agregada a dos niveles.

Valoración por estaciones	MN
Málaga	■
Castell de Ferro	■
Almería	■



5.2.1.7. Actividad EROD en hígado de salmonete *Mullus barbatus*

Resultados de la evaluación del tercer ciclo

Tabla 117. Resultados de la evaluación de actividad EROD, para la especie *Mullus barbatus*, del área PC de la DMESAL.

Estado: ■ Se alcanza el BEA; ■ No se alcanza el BEA; ■ Desconocido (no existe un valor EAC establecido); ■ No evaluado

Biomarcador	salmonete
Actividad EROD en hígado (ENZ-B-LI)	■

Metodología de evaluación e indicadores relacionados

- CONT-EROD, activación del metabolismo de xenobióticos.

Parámetros utilizados

- Efectos adversos sobre especies o hábitats marinos (PrevEnvAdvEffectsSppHab): actividad EROD en hígado (ENZ-B-LI).

Valores umbral

Se realiza de forma similar a la frecuencia de MN en eritrocitos, con los siguientes resultados:

Tabla 118. Criterios seleccionados como niveles basales y valores de referencia para la evaluación de actividad EROD en salmonete de fango (*M. barbatus*) del área PC de la DMESAL. ^a Davies, Ian M.; Vethaak, Dick (2012). ^b Martínez-Gómez (2023). * Datos recogidos por el IEO en la plataforma interna mediterránea

Biomarcador	Salmonete		
	Máxima respuesta observada*	BAC*	WAC*
Actividad EROD en hígado fracción microsomal (pmol·min ⁻¹ ·mg prot ⁻¹)	4.680	115 ^a 121 ^b	1.140

Valores obtenidos en salmonete

Tabla 119. Valor de actividad EROD en salmonete de fango del área PC de la DMESAL muestreados el año 2015. ^bIntervalo de confianza de la media.

Biomarcador	Unidades	Media	SD	Error estándar	Máximo	Mínimo	N
Actividad EROD	pmol·min ⁻¹ ·mg prot ⁻¹	34,41 (28,09-40,73) ^b	25,5	3,16	125,89	1,29	65



La actividad hepática EROD presentó valores por debajo de los establecidos como BAC (Figura 54).

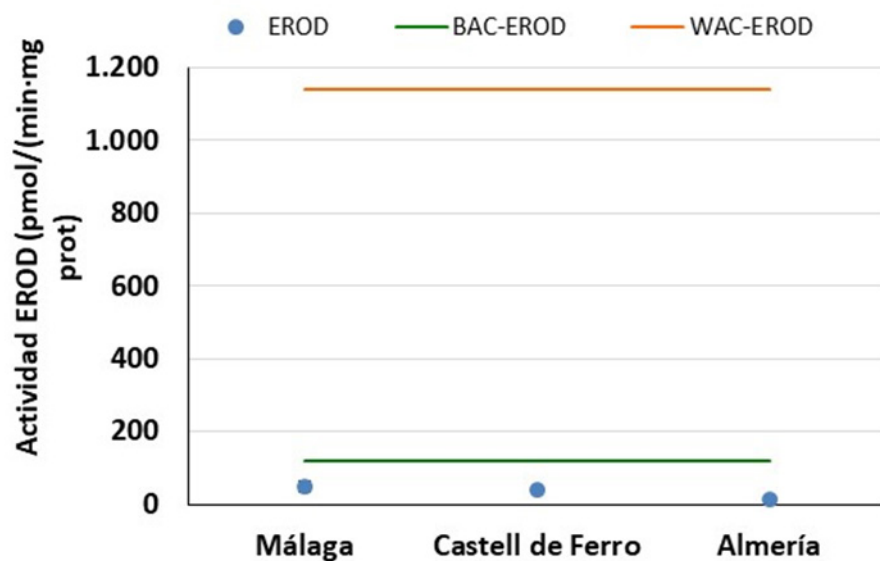


Figura 54. Valores medios de las actividades enzimáticas EROD ($\pm$ intervalo de confianza para la media) en salmonete de fango del área PC de la DMESAL muestreados el año 2015, y los valores establecidos de BAC y WAC.

La distribución espacial de la actividad enzimática EROD, analizada en hígado de salmonete de la zona próxima a costa de la demarcación marina, se muestra en el mapa representado en la Figura 55.

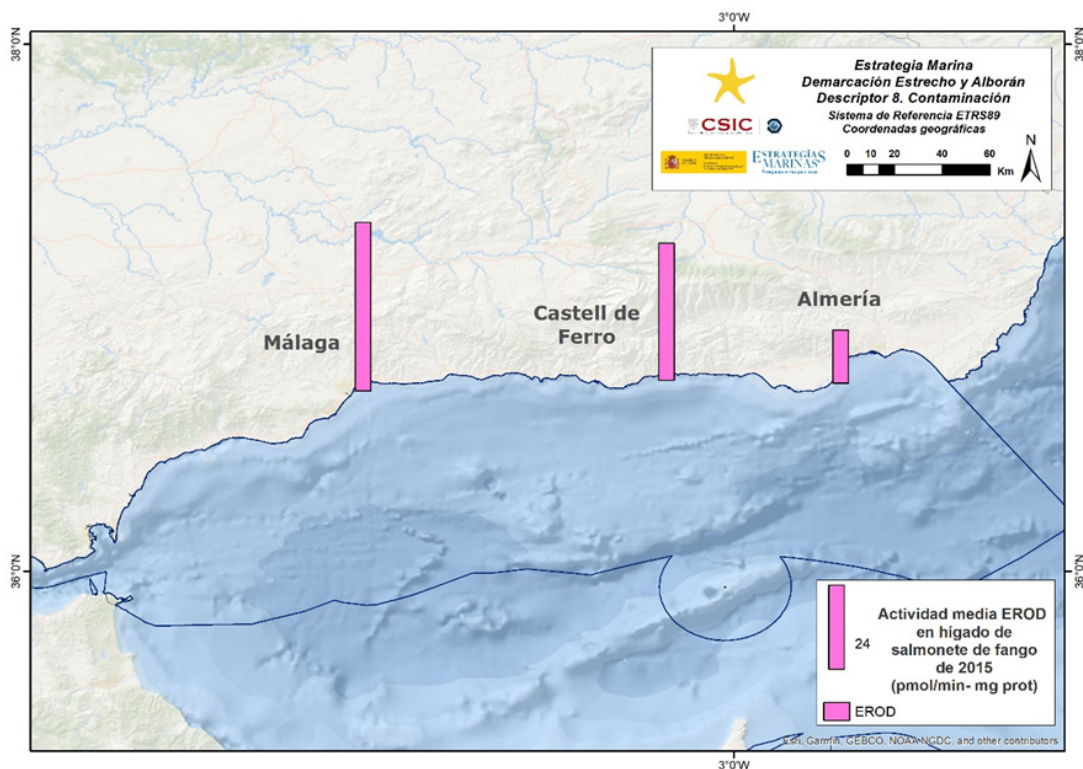


Figura 55. Distribución espacial del valor medio de la actividad enzimática EROD ($\text{pmol}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{mg prot}^{-1}$) en la fracción microsomal de hígado de salmonetes de fango del área PC de la DMESAL muestreados el año 2015.



Tendencia de los valores obtenidos para el parámetro

Debido a la falta de datos disponibles (< 6 años), actualmente no es posible realizar una evaluación de la tendencia para los biomarcadores en salmonete.

Consecución del parámetro

Tabla 120. Consecución del parámetro con relación a la evaluación de la actividad enzimática EROD en *Mullus barbatus*, del área PC de la DMESAL.

■ Sí (≤5 % muestras sobrepasan el EAC); ■ No (>5 % muestras sobrepasan el EAC); ■ Desconocido (cuando no existe valor EAC establecido); ■ No evaluado (no existe un número representativo de muestras para realizar la evaluación).

Biomarcador	Salmonete
Actividad EROD en hígado	■

Tabla 121. Porcentaje de muestras individuales de salmonete de fango del área PC de la DMESAL según el criterio de evaluación propuesto para los biomarcadores evaluados.

Biomarcador	< BAC (%)	>BAC y <EAC (%)	>EAC (%)
EROD	98,5	1,5	0

Tabla 122. Porcentaje de áreas de muestreo de salmonete de fango del área PC de la DMESAL según el criterio de evaluación propuesto para los biomarcadores evaluados.

Biomarcador	Adecuada	Moderada	No aceptable
	< BAC (%)	[BAC-EAC] (%)	> WAC (%)
EROD	100	0	0

Tabla 123. Descripción por estaciones de muestreo de salmonete de fango del área PC de la DMESAL para los biomarcadores según la valoración espacial agregada a dos niveles.

Valoración por estaciones	EROD
Málaga	■
Castell de Ferro	■
Almería	■



5.2.1.8. Actividad acetilcolinesterasa en cerebro de salmonete *Mullus barbatus*

Resultados de la evaluación del tercer ciclo

Tabla 124. Resultados de la evaluación de la actividad enzimática AChE, para la especie *Mullus barbatus*, del área PC de la DMESAL.

Estado: ■ Se alcanza el BEA; ■ No se alcanza el BEA; ■ Desconocido (no existe un valor EAC establecido); ■ No evaluado

Biomarcador	Salmonete
Actividad AChE en cerebro (ENZ-B-BR)	■

Metodología de evaluación e indicadores relacionados

– CONT-AChE, neurotoxicidad.

Parámetros utilizados

– Efectos adversos sobre especies o hábitats marinos (PrevEnvAdvEffectsSppHab): actividad acetilcolinesterasa (AChE) en cerebro (ENZ-B-BR).

Valores umbral

El criterio de valoración de respuesta basal (BAC) de la actividad AChE en cerebro se estableció a partir del percentil 10 de los valores obtenidos en 5 caladeros españoles de la plataforma interna considerados como sitios de referencia (2010-2016) (ambos sexos N= 398); valores restringidos a organismos con un GSI<1,3 y longitud total entre 12-18 cm.

En el caso de las respuestas biológicas, los criterios de evaluación análogos a EAC (es decir, que representan niveles de respuesta por debajo de los cuales no se esperarían respuestas inaceptables a niveles más altos, por ejemplo, en un organismo o una población) son aplicables para algunas mediciones de efectos biológicos, y éstos se han denominado “biomarcadores de efecto”, es el caso de la actividad AChE. Se considera el valor a partir del cual se puede estimar que existen probables daños al organismo y se ha calculado substrayendo el 30 % al valor del BAC de la actividad AChE.

Tabla 125. Criterios seleccionados como niveles basales y valores de referencia para la evaluación de la actividad enzimática AChE en salmonete de fango (*M. barbatus*) del área PC de la DMESAL.^a Davies, Ian M.; Vethaak, Dick (2012). ^b Martínez-Gómez (2023). * Datos recogidos por el IEO en la plataforma interna mediterránea

Biomarcador	Salmonete	
	BAC*	EAC
Actividad AChE en cerebro (nmol·min ⁻¹ ·mg prot ⁻¹)	118 ^a	83 ^a
	112 ^b	78 ^b



Valores obtenidos en salmonete

Tabla 126. Valor de actividad enzimática AChE en salmonete de fango del área PC de la DMESAL muestreados el año 2015.^b Intervalo de confianza de la media

Biomarcador	Unidades	Media	SD	Error estándar	Máximo	Mínimo	N
Actividad AChE	$\text{nmol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{mg prot}^{-1}$	176,0 (162,7-189,2) _b	53,4	6,6	407,3	75,1	65

La actividad AChE en cerebro de salmonete presentó valores por encima del BAC en todas áreas de captura, lo que sugiere la ausencia de efectos neurotóxicos en los organismos (Figura 56).

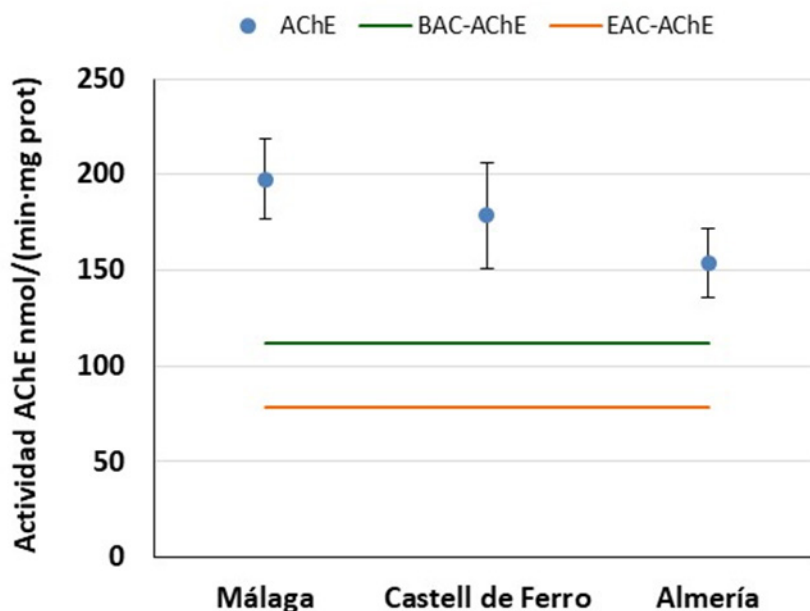


Figura 56. Valores medios de la actividad enzimática AChE ($\pm$ intervalo de confianza para la media) en salmonete de fango del área PC de la DMESAL muestreados el año 2015, y los valores establecidos de BAC y EAC.

Tendencia de los valores obtenidos para el parámetro

Debido a la falta de datos disponibles (< 6 años), actualmente no es posible realizar una evaluación de la tendencia para los biomarcadores en salmonete.



Consecución del parámetro

Tabla 127. Consecución del parámetro con relación a la evaluación de los biomarcadores en *Mullus barbatus*, del área PC de la DMESAL.

■ Sí (≤ 5 % muestras sobrepasan el EAC); ■ No (> 5 % muestras sobrepasan el EAC); ■ Desconocido (cuando no existe valor EAC establecido); ■ No evaluado (no existe un número representativo de muestras para realizar la evaluación).

Biomarcador	Salmonete
Actividad AChE en cerebro	■

La valoración de acuerdo con los dos niveles de agregación se puede ver en la Tabla 128.

Tabla 128. Porcentaje de muestras individuales de salmonete de fango del área PC de la DMESAL según el criterio de evaluación propuesto para la AChE.

Biomarcador	> BAC (%)	<BAC y >EAC (%)	<EAC (%)
AChE	91	7,5	1,5

Tabla 129. Porcentaje de áreas de muestreo de salmonete de fango del área PC de la DMESAL según el criterio de evaluación propuesto para el biomarcador evaluado.

Biomarcador	Adecuada	Moderada	No aceptable
	> BAC (%)	[BAC-EAC] (%)	< EAC (%)
AChE	100	0	0

Tabla 130. Tabla 13. Descripción por estaciones de muestreo de salmonete de fango del área PC de la DMESAL para el biomarcador según la valoración espacial agregada a dos niveles.

Valoración por estaciones	AChE
Málaga	■
Castell de Ferro	■
Almería	■

5.2.2. Evaluación a nivel regional/subregional: D8C2

No existe una evaluación a nivel regional de este criterio en el informe de la valoración del estado de la calidad ambiental del Mediterráneo (Mediterranean QSR 2023).



5.3. Evaluación por elemento y criterio a nivel de demarcación marina: D8C3. Eventos agudos de contaminación

Área de evaluación

El área de evaluación de este criterio es toda la Demarcación marina del Estrecho y Alborán.

Resultados de la evaluación del tercer ciclo

En el periodo 2016-2021 se han producido un total de 3 eventos de contaminación en la Demarcación marina del Estrecho y Alborán que cumplen los criterios especificados en la metodología. Todos ellos tuvieron como contaminante algún tipo de hidrocarburo. Del total, 2 se produjeron desde un buque no en navegación y 1 desde una instalación en tierra (Figura 1). En 2016, 2019 y 2020 no se produjeron incidentes en la Demarcación marina del Estrecho y Alborán que diesen lugar a manchas mayores de 1 km², por tanto no se representan en las diferentes figuras. Sin embargo, tuvo lugar un episodio de contaminación en la bahía de Algeciras, en la monoboya, por el derrame de crudo ligero desde un remolcador que afectó a las playas de El Rinconcillo (Algeciras) y Palmones (Los Barrios) (Informe CIAIM 27-2018).

En lo que a superficie del océano afectada se refiere, los incidentes detectados en la demarcación generaron manchas con una extensión total de 7 km². La distribución temporal de área afectada se puede ver en la Figura 2. La localización de estos eventos en la demarcación se muestra en la Figura 3, estando todos situados en bahía de Algeciras.

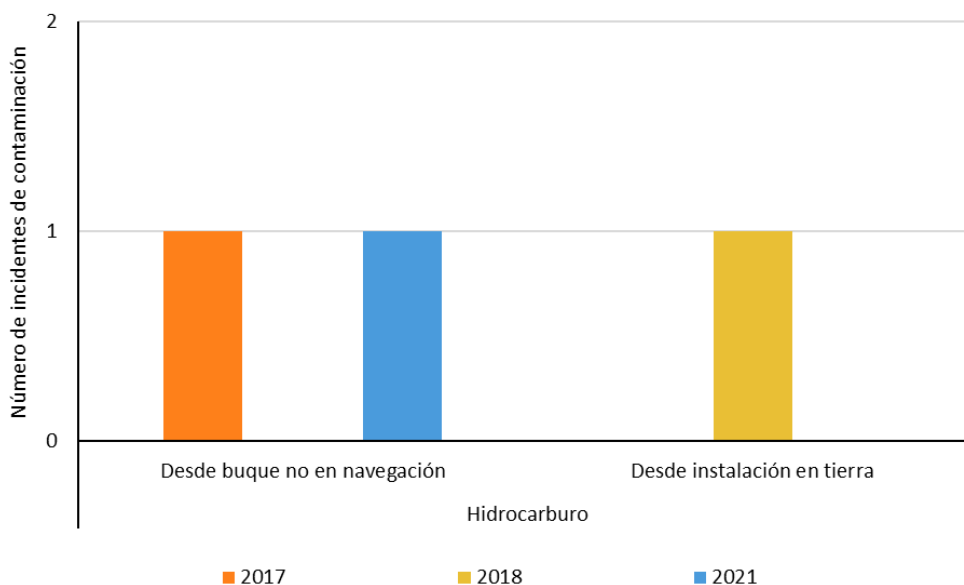


Figura 57. Origen y producto vertido en los incidentes seleccionados para el periodo 2016-2021. (Fuente: CEDEX a partir de datos de SASEMAR)

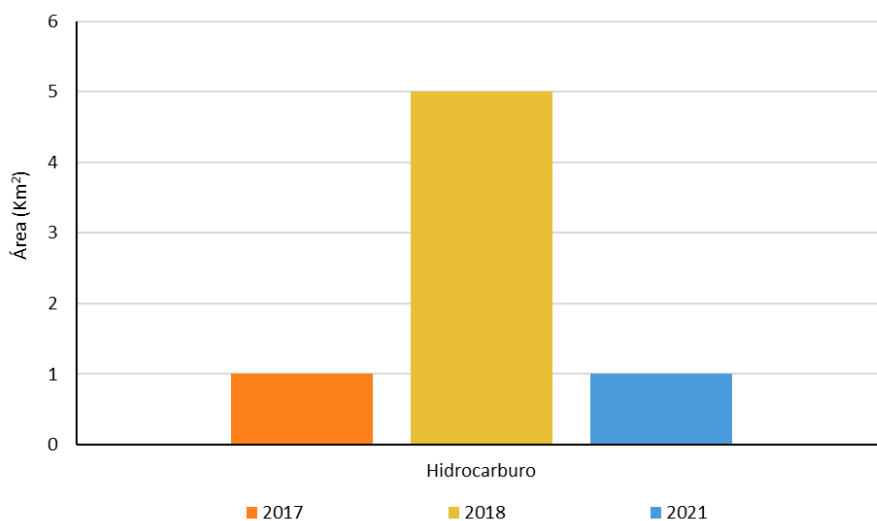


Figura 58. Área de los incidentes de contaminación seleccionados para el periodo 2016-2021. (Fuente: CEDEX a partir de datos de SASEMAR)

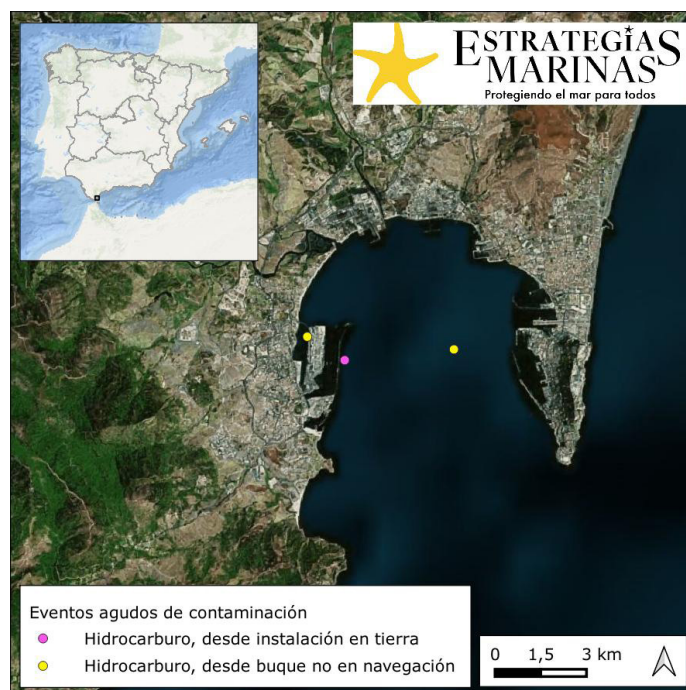


Figura 59. Localización de las manchas detectadas para los distintos incidentes identificados en el periodo 2016-2021. (Fuente: CEDEX a partir de datos del SASEMAR)

Metodología de evaluación e indicadores relacionados

De la base de datos de los posibles incidentes de contaminación en el medio marino, se han seleccionado aquellos que han dado lugar a una mancha con una superficie mayor de 1 km², cuyo origen está relacionado con un buque o una instalación en tierra y el producto vertido es aceite vegetal o hidrocarburos. No se consideran como agudos todos estos episodios, pero sí se han querido reflejar para descartar su acumulación o reiteración en determinadas zonas.



Parámetros utilizados

Salvamento Marítimo (SASEMAR, Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible) registra información de las incidencias relativas a posibles episodios de contaminación en el mar, que alimenta la base de datos de la Agencia Europea de Seguridad Marítima (EMSA). Esta información procede de observaciones desde barco, tierra, avión y satélite. De interés para este criterio resultan las siguientes variables relacionadas con las incidencias en las que se detecta un derrame: origen, producto, localización, fecha, extensión y volumen. No se dispone de información sobre la duración de los derrames o de la prolongación de las labores de limpieza, por lo que esta variable no puede ser analizada.

Valores umbral

No se ha establecido un valor umbral para este parámetro ni a nivel europeo ni a nivel regional.

Valores obtenidos para el parámetro

Se han producido un total de 3 incidentes de contaminación en la Demarcación marina del Estrecho y Alborán que han afectado a un total de 7 km² de superficie marina.

Tendencia de los valores obtenidos para el parámetro

El número de incidentes en el ciclo de estudio ha aumentado en un 50 % respecto al total de incidentes detectados en el ciclo anterior, cuando se dieron 2 incidentes. El área afectada por los incidentes en el ciclo de estudio es un 75 % mayor que en el ciclo anterior, ya que entonces se vieron afectados 4 km².

Consecución del parámetro

No evaluado.

Evaluación a nivel regional/subregional

NA

Fuentes de información

La información para la evaluación de este criterio procede de la base de datos de emergencias proporcionada por Salvamento Marítimo (SASEMAR) y de los informes publicados por la Comisión Permanente de Investigación de Accidentes e Incidentes Marítimos, en concreto el informe CIAIM 27-2018, que se puede consultar en la página web https://www.transportes.gob.es/recursos_mfom/comodin/recursos/ic_27-2018_sertosa27_web.pdf



5.4. Evaluación por elemento y criterio a nivel de demarcación marina: D8C4. Efectos sobre hábitats y especies de eventos agudos de contaminación

El criterio D8C4 no ha podido ser objeto de evaluación, dado que los datos sobre la abundancia por especie afectada; extensión en kilómetros cuadrados (km²) por tipo general de hábitat afectado por eventos significativos de contaminación aguda no son suficientes para definir el BEA y evaluar el criterio.



REFERENCIAS



6. Referencias

Decision IG.23/6 2017 Mediterranean Quality Status Report. https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/22562/17ig23_23_2306_eng.pdf

Davies, I.M.; Vethaak, D. (Ed.), 2012. Integrated marine environmental monitoring of chemicals and their effects. ICES Cooperative Research Report, 315. ICES: Copenhagen. ISBN 978-87-7482-120-5. 277 pp. Part of: ICES Cooperative Research Report. ICES: Copenhagen. ISSN 1017-6195.

Martínez-Gómez, C. 2023. Informe Ejecutivo IEO, CSIC "Regional Workshop on the Assessment Criteria for the Effects of contaminants in fish and mussels". Celebrado del 26/03/2023 al 29/03/2023. Roma (Italia). Informe Ejecutivo remitido al Ministerio de Transición Ecológica y Reto Demográfico en la 10ª Certificación.

Thain, J., Fernández, B., and Martínez-Gómez, C. 2019. Biological effects of contaminants: Stress on stress (SoS) response in mussels. ICES Techniques in Marine Environmental Sciences. No. 59. 11 pp. <http://doi.org/10.17895/ices.pub.4702>

Vethaak, A. D., Davies, I. M., Thain, J. E., Gubbins, M. J., Martínez-Gómez, C., Robinson, C. D., Moffat, C.F., Burgeot, T., Maes, T., Wosniok, W., Giltrap, M., and Hylland, K. 2017. Integrated indicator framework and methodology for monitoring and assessment of hazardous substances and their effects in the marine environment. Marine environmental research, 124, 11-20.

ESTRATEGIAS MARINAS

Protegiendo el mar para todos